

**Ama la** Naturaleza

REVISTA

CIENCIAS

Volumen 4 Número 1

**AGROPECUARIAS**

U C U N D I N A M A R C A



**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

Vigilada Mineducación

### Comité Editorial

<b>Vilma Moreno Melo Ph.D</b>	<b>Editora</b> Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Cundinamarca Fusagasugá, Colombia
<b>Nelson Enrique Arenas Suárez Ph.D</b>	<b>Co-Editor</b> Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Cundinamarca Fusagasugá, Colombia
<b>Diego Felipe Portela Díaz Dr.</b>	<b>Co-Editor</b> Licenciatura en Medicina Veterinaria Universidad de la Costa Oaxaca, México

ISSN 2422-3484

### Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Volumen 4

Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCundinamarca

### Comité Científico

<b>Carlos Andrés Rodríguez Vega Ph.D</b>	<i>Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz), Brasil</i>
<b>Sandra Milena Coronado Ríos M.Sc</b>	<i>Universidad de Cartagena Colombia</i>
<b>Luz Mary Salazar Pulido Ph.D</b>	<i>Universidad Nacional de Colombia Colombia</i>
<b>Silvia Nogales Mérida Ph.D</b>	<i>Universidad Técnica del Norte Ecuador</i>

REVISTA  
**CIENCIAS  
AGROPECUARIAS**  
U C U N D I N A M A R C A



**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

**Luz Piedad Quebrada Ríos M.Sc** *Instituto Nacional de Parasitología "Dr. Mario Fátala Chaben" Argentina*

**Mayra Andrea Arrieta M.Sc** *INVIMA Colombia*

**Natalia Escobar Escobar cPh.D** *Universidad de Cundinamarca Colombia*

**Nury Sánchez Lozano Ph.D** *Universidad de Cundinamarca Colombia*

**Marco Eduardo Pachón Suarez M.Sc** *Programa de Zootecnia Universidad de Cundinamarca*

**Karym Roberto Curzaynz Leyva M.Sc** *Colegio de Postgraduados Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería Montecillo, México*

**Paulino Sánchez-Santillán Dr.** *Universidad Autónoma De Guerrero Facultad De Medicina Veterinaria y Zootecnia Cuajinicuilapa, Guerrero*

**José Carlos Escobar España M.Sc** *Colegio de Postgraduados Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería Montecillo, México*

**Jorge Zambrano Gutiérrez M.Sc** *Colegio de Postgraduados Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería Montecillo, México*

### Comité Consultivo

**Jesús Manuel Vásquez Ramos M.Sc** *Programa de Biología Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería Universidad de los Llanos Villavicencio, Colombia*

**Jhon Jader Rivera Usme M.Sc** *Secretaría de Educación Armenia, Colombia*

**Pilar Rojas Gracia Ph.D** *Programa de Ingeniería Agronómica Universidad de Cundinamarca Fusagasugá, Colombia*

**Jenny Paola Moreno López M.Sc** *Programa de Ingeniería Agronómica Universidad de Cundinamarca Fusagasugá, Colombia*

**Marbel Yulieth Monroy González M.Sc** *Programa de Zootecnia Universidad de Cundinamarca Ubaté, Colombia*

**Imagen de portada** *Elizabeth López Gómez y María Paula Escobar Olarte "Diosa Quinini" Tibacuy, Cundinamarca*

**Diagramación** *Oficina Asesora de Comunicaciones Universidad de Cundinamarca*

*Fotografía del frailejón (Espeletia Grandiflora) en el páramo de Sumapaz (Salida pedagógica de estudiantes de segundo semestre del Programa de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cundinamarca).*

## Tabla de contenido

pág.

- Editorial  
El aporte de la universidad de Cundinamarca al  
**11** ordenamiento territorial de Fusagasugá a partir de la  
sustentabilidad del cerro Fusacatán
- Evaluación de tres variedades de papa criolla  
en rendimiento, resistencia y susceptibilidad a  
*Phytophthora infestans* bajo fertilización orgánica  
**31**
- Caracterización de agentes causales de enfermedades  
en el cultivo de mora (*Rubus glaucus*) en la finca  
manantial en la vereda sabaneta, municipio de La Vega,  
Cundinamarca  
**91**
- Evaluación de la calidad del agua empleando  
parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y  
macroinvertebrados acuáticos en el Río Batán  
Cundinamarca entre julio y agosto de 2017  
**181**
- FORO AMBIENTAL: Aportes al Plan de Ordenamiento  
Territorial En Fusagasugá, Cundinamarca  
**271** Una historia ambiental de Fusagasugá
- 281** Pagos por servicios ambientales
- Inocuidad en la producción pecuaria y su importancia  
en el Plan de Ordenamiento Territorial  
**291**
- El agua re-nace en el corazón de las niñas y los niños.  
Fase 1: El Cuidado de la Vida, la Naturaleza y la Cultura  
**301**
- Territorios conflictivos y desarrollo regional reducido:  
el caso la política de ordenamiento territorial de  
Fusagasugá como articulador del desarrollo a escala  
humana provincial  
**311**

## Editorial

### **El aporte de la universidad de Cundinamarca al ordenamiento territorial de Fusagasugá a partir de la sustentabilidad del cerro Fusacatán**

Oscar Hernán Rodríguez Triviño 1

*1 Profesor Facultad Educación. Universidad de Cundinamarca. Maestría Desarrollo Territorial para América latina y el Caribe UNESP Brasil Investigador Titular Semillero Guardianes del Fusacatán*

El jueves 22 de marzo del 2018 se llevó a cabo en el auditorio Emilio Sierra de la Universidad de Cundinamarca el primer FORO AMBIENTAL en el marco de los aportes al Plan de Ordenamiento Territorial En Fusagasugá, desde la academia y las Organizaciones Sociales y Comunitarias.

Fusagasugá, está ubicada al sur de la capital de la república, Santa fe de Bogotá, y es considerada como la capital de la provincia del Sumapaz (conformada por 10 municipios). Es reconocida a nivel nacional como la ciudad jardín de Colombia. Actualmente en Fusagasugá se calculan unos 150 mil habitantes censados y una población flotante de 50 mil personas, lo que ha generado que en su acelerado crecimiento urbano desorganizado se produzcan áreas periféricas habitables sobre el cerro tutelar de la ciudad. Su cabecera municipal está a la sombra del cerro de Fusacatán.

Ahora bien, el Cerro Fusacatán contribuye a una función ecológica regional, siendo una conexión entre ecosistemas de alta montaña hace parte de una red de áreas eco sistémicas, por ello se debe avanzar hacia la conservación de su biodiversidad. Constituye un patrimonio ambiental, cultural, histórico, ancestral, y botánico de nuestro municipio. El cual ha sufrido una serie de agresiones históricas, que, dadas las circunstancias sociales y el desorden territorial, se ha acentuado hasta un estado crítico de emergencia.

Sobre las laderas de este cerro están siendo incorporadas zonas urbanas en suelos inestables como parte del nuevo Plan de Ordenamiento Territorial espacios riesgosos para habitar mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo, tenencia de la tierra, hacia fines comerciales, de servicios y recreativos. A pesar de que el Cerro Fusacatán es considerado patrimonio cultural y ambiental de los fusagasugueños; y sin embargo un número amplio de sus habitantes están desvinculados en relación al reconocimiento e identidad con este territorio. De acuerdo con Le Goff (1991): La ausencia o la pérdida, voluntaria o involuntaria de memoria colectiva en los pueblos y en las naciones, puede determinar perturbaciones graves de la identidad colectiva.

Por este motivo el Foro Ambiental Territorial realizado el 22 de marzo en el marco de nuestras investigaciones territoriales como semillero

Guardianes del Fusacatán, apporto al análisis del ordenamiento y planeación territorial desde una dimensión ambiental, articulada con el desarrollo económico que requiere la ciudad a partir de una mirada local. Al identificar incluso viviendas en zonas de riesgo hidrológico y geotécnico ubicadas en La parroquia, Santa María de los Ángeles, El Marques, Pekín Alto etc.

Lo anterior nos convoca a proteger y conservar las fuentes hídricas, cuencas y rondas, aportando a la restauración ambiental de Fusagasugá, recuperando gran parte del sistema hídrico. Puesto que otro riesgo latente al que nos enfrentamos en Fusagasugá y el Sumapaz corresponde al trámite de licencias mineras y de hidrocarburos por parte de diferentes transnacionales, atentando contra el recurso hídrico, de tal forma que es nuestro deber preservar la fuente sustentable de vida de futuras generaciones.

La propuesta investigativa que se realiza desde el semillero de investigación Guardianes del Fusacatán, avanza hacia una ciudad verde, ecológica y sustentable por medio de cultivos transitorios como hortalizas, cultivos permanentes arbóreos nativos y frutales, cultivos agroforestales que nos permitan recuperar los bosques las áreas húmedas, zonas pantanosas, de la misma forma que venimos avanzando con las comunidades en acuerdos comunitarios dialogados en torno a la recuperación de quebradas; el senderismo ecológico territorial y comunitario; la agricultura limpia urbano-rural; la agroecología y la construcción sostenible. Igualmente se está avanzando hacia estudios demográficos, análisis catastral del uso del suelo, características de los predios y valor de los avalúos.

En síntesis, la construcción del territorio es una labor que requiere, como estrategia estructural, la participación colectiva para conseguir que el cerro Fusacatán dentro del Plan de Ordenamiento Territorial en su amplitud sea definido como área protegida regulando el uso y ocupación del territorio a favor de la conservación, preservación, recuperación, manejo y control del aprovechamiento de los recursos naturales y culturales como la forma de garantizar bienes y servicios ambientales y ecosistémicos que facilitaran el logro de esquemas de desarrollo sostenible.

© Universidad de Cundinamarca

Los conceptos emitidos son responsabilidad de los autores y no comprometen el criterio de los editores o de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cundinamarca.

Título original: Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

La correspondencia se debe dirigir a Vilma Moreno Melo, Bloque F, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca. Teléfono: 828 1483 Ext: 146, Fusagasugá, Colombia. Correo electrónico: [revistacienciasagropecuarias@ucundinamarca.edu.co](mailto:revistacienciasagropecuarias@ucundinamarca.edu.co), [revistadecienciasagropecuarias@gmail.com](mailto:revistadecienciasagropecuarias@gmail.com).

Reproducción e Impresos: Se autoriza la reproducción total o parcial de la revista, bajo la licencia Creative Commons Colombia.

# Evaluación de tres variedades de papa criolla en rendimiento, resistencia y susceptibilidad a *Phytophthora infestans* bajo fertilización orgánica

Evaluation of three breeds of potato in yield, resistance and susceptibility to *Phytophthora infestans* under organic fertilization

**Jeimy Sofia Díaz<sup>1</sup>, Yesid Alejandro Caicedo<sup>1</sup>, Adriana Edith Caro<sup>1</sup>, Ximena Alexandra Pardo<sup>1</sup>, Yeison Andrey García<sup>1</sup>, Ivon Magaly Arcila<sup>1</sup>**

## Resumen

El cultivo de la papa es fundamental para la seguridad alimentaria ya que es un alimento básico para la población; además es una fuente importante de ingresos en comunidades campesinas al proveer fuentes de trabajo y comercialización variada de éste producto. La papa es afectada por *Phytophthora infestans*, el agente causal de la enfermedad tizón tardío o gota de la papa, la cual puede llegar a causar la muerte de la planta sino se cuenta con las medidas agronómicas adecuadas. En esta investigación se evaluó la respuesta de tres variedades de papa criolla bajo fertilización orgánica en rendimiento, resistencia y susceptibilidad al patógeno. El estudio se realizó en el municipio de Facatativá, Cundinamarca, donde fueron sembradas las variedades 1 (Violeta), 2 (Sua-Pa) y 3 (Colombia) cada una con 10 repeticiones bajo un diseño completamente al azar (DCA). Se registraron variables morfológicas, de rendimiento y porcentaje de severidad de la enfermedad basado en los valores de severidad del Centro Internacional de la Papa (CIP). Se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey con un alpha de 0.05 para rendimiento, y análisis de regresión, para las variables severidad de la enfermedad y rendimiento. Se determinó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) teniendo como resultado a la Variedad 3 con un área de 398, seguido de la Variedad 2 con 269 y la Variedad 1 con 259; por tanto, la variedad más resistente a la enfermedad bajo las condiciones evaluadas fue Violeta con respecto a las demás evaluadas. En rendimiento, la variedad 3 fue estadísticamente significativa con un mayor número y peso de tubérculos. Por medio de la regresión lineal la Variedad 1 presentó menor ABCPE relativa a *P. infestans* con un 40,23%, sin embargo, el rendimiento fue el más bajo. La variedad 3 pese a ser la más susceptible a la gota de la papa, presentó mayor rendimiento; estos resultados pueden indicar la penalidad de las variedades al rasgo de rendimiento o resistencia de las variedades.

**Palabras Clave:** resistencia, severidad, gota de la papa, *Solanum phureja*

## Abstract.

Crop potatoes is essential for food security and is a staple food for the population; it is an important source of income in rural communities by providing sources of work and varied marketing of this product. The potato is affected by *Phytophthora infestans*, the causal agent of "gota de la papa" disease, which can cause the death of the plant if you do not have the appropriate agronomic measures. In this research, the response of three creole potato varieties under organic fertilization in yield, resistance and susceptibility is evaluated. The study was conducted in the municipality of Facatativá, Cundinamarca, where varieties 1 (Violeta), 2 (Sua-Pa) and 3 (Colombia) were planted each with 10 replications under a completely randomized design (DCA). Morphological, yield and severity of disease variables were recorded in the severity values of the International Potato Center (CIP). A Tukey mean comparison test was performed with an alpha of 0.05 for performance and regression analysis for the variables severity and performance. The area under the disease progress curve (ABCPE) was determined, resulting in Variety 3 with an area of 398, followed by Variety 2 with 269 and Variety 1 with 259; therefore, the most resistant variety was Violeta with respect to the other evaluations. In yield, variety 3 was statistically significant with a greater number and weight of tubers. By means of the linear regression, Variety 1 presented lower ABCPE relative to *P. infestans* with 40.23%, however, the yield was the lowest. The variety 3 despite being the most susceptible to potato gout, presented higher yield; these results may indicate the penalty of the varieties to the performance trait or resistance of the varieties.

**Keywords:** resistance, severity, gota de la papa, *Solanum phureja*.

<sup>1</sup> Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cundinamarca. Extensión Facatativá. iarcala@ucundinamarca.edu.co

## INTRODUCCIÓN

La importancia del cultivo de la papa se refleja en las estadísticas de la FAO<sup>1</sup>, situándose entre los primeros productos para la seguridad alimentaria y en donde su cultivo prevalece, para el caso de Latinoamérica, en sistemas productivos de minifundio. Es una fuente importante de empleo e ingresos en el área rural siendo un alimento básico para la población y de importancia para grupos vulnerables. La papa se adapta a una amplia gama de usos, se consume en fresco y en forma procesada, es importante como alimento animal y como materia prima para fines industriales<sup>2</sup>.

Como todo sistema productivo, la papa se ve afectada por factores bióticos que limitan su producción. El principal de ellos es el tizón tardío o gota, una de las enfermedades más devastadoras<sup>3,4</sup>; cuyo agente causal es el oomicete *Phytophthora infestans*, un patógeno hemibiótrofo con característica biótrofa en la etapa temprana de la infección y necrotrófica en estados tardíos de la colonización del hospedero<sup>5</sup>.

Desde una perspectiva genética el manejo de la gota de la papa se centra en el desarrollo de cultivares resistentes<sup>3</sup>. Varios genes de resistencia han sido mapeados, clonados e introgresados en variedades comerciales<sup>6</sup>. Sin embargo, la mayoría de estos genes confieren resistencia raza específica, lo que ha generado alta presión de selección en el patógeno, produciendo de esta forma nuevas cepas virulentas que han sobrepasado los genes R<sup>7</sup>, por lo tanto, el mejoramiento genético se ha enfocado en buscar materiales con resistencia de amplio espectro y resistencia cuantitativa, la cual confiere mayor durabilidad en el tiempo de las variedades<sup>8,9</sup>.

Por tanto, el objetivo de este proyecto fue evaluar la respuesta de tres variedades mejoradas de papa criolla a la fertilización orgánica en cuanto a rendimiento y resistencia y susceptibilidad a *P. infestans* en el vivero de la Universidad de Cundinamarca, municipio de Facatativá.; teniendo en cuenta la morfología de las variedades mejoradas en las etapas vegetativa y reproductiva.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y diseño estadístico

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Facatativá, Cundinamarca; ubicado a 2586 m.s.n.m y una temperatura promedio de 14°C<sup>10</sup>. Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) evaluando tres variedades de papa criolla denominadas variedad 1 (Violeta), variedad 2 (Sua-Pa) y variedad 3 (Colombia) bajo fertilización orgánica. Se dispusieron de manera aleatoria las variedades, teniendo en cuenta que para cada variedad se contaban con 10 plantas que fueron sembradas a una distancia de 0,30 m. Previo a la siembra se abonó el suelo con 50kg de gallinaza comercial (100% compostada) y no se realizaron más fertilizaciones durante el desarrollo de la investigación.

### Caracterización morfológica de las variedades

Se describieron los caracteres morfológicos en las tres variedades como tiempo de emergencia, color del tallo, color

de la flor, altura de la planta a floración, forma de la corola, forma de las alas del tallo, pigmentación de las anteras y presencia de fruto (baya), tomando como referencia la guía para las caracterizaciones morfológicas básicas en colecciones de papas nativas elaborada por Gómez<sup>11</sup>.

### Evaluación del rendimiento de las variedades

Para evaluar el rendimiento de las variedades se registró el número y el peso de tubérculos totales por variedad, el cual se midió al final de la evaluación. Se utilizó una balanza de un peso máximo de 1000 g.

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza ANOVA y prueba de comparación de medias con la prueba de Tuckey ( $p=0,05$ ), para las variables de rendimiento y se efectuó un análisis regresión simple de las tres variedades en cuanto el porcentaje de severidad de las variedades durante el ciclo de evaluación. Se utilizó el programa Excel 2016 para los análisis estadísticos.

### Resistencia y susceptibilidad de las variedades a *P. infestans*.

Para evaluar la respuesta de resistencia y susceptibilidad de las tres variedades de papa criolla se utilizó la escala del CIP<sup>12</sup>. Las mediciones se realizaron cada ocho días para un total de 8 mediciones, iniciando al mes de germinación de los tubérculos. Con los datos registrados se elaboró el área bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCPE y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativa<sup>12</sup>

## RESULTADOS

### Caracterización morfológica de las variedades de Papa criolla

Los caracteres morfológicos de las variedades fueron medidos en tres etapas fenológicas: la etapa vegetativa (tiempo de emergencia, color del tallo, y forma de las alas del tallo), etapa reproductiva (floración: altura de la planta a floración, forma de la corola, pigmentación de las anteras) y fructificación (presencia de fruto). La planta se caracterizó por tener un juego de tallos verdaderos (aéreos) y tallos modificados (estolones y tubérculos). Los tallos aéreos fueron herbáceos, con una longitud y diámetro que variaba. Respecto a las estructuras reproductivas, la flor y el fruto fueron terminales; su aparición y desarrollo se debe a la formación de estolones y tuberización respectivamente. La flor de *Solanum phureja* se caracterizó por ser hermafrodita, pentámera y de colores variados; sus frutos son bayas de color verde, en su mayoría de forma esférica, con abundantes semillas<sup>13</sup>.

Se observó la totalidad de plantas germinadas, encontrando similitud en el tiempo de germinación, con un rango de 31-35 días. En las etapas vegetativa y reproductiva de las variedades mejoradas, la variedad que presentó mayor altura de la planta a floración fue la variedad 3, seguido la variedad 1 y finalmente la variedad 2 (Tabla 1).

Siguiendo el descriptor morfológico, la determinación del grado de pigmentación del tallo, se observó en la longitud

**Tabla 1.** Caracterización morfológica de tres variedades de *S. phureja* bajo condiciones de Facatativá, Cundinamarca.

Variedad	Tiempo de emergencia	Color del tallo	Color de la flor	Altura de la planta a floración	Forma de la corola	Forma de las alas del tallo	Pigmentación de las anteras	Presencia de fruto
1	35 días	Morado	Morada	36 cm	Actinomorfa	Ondulado	Amarillo	SI
2	31 días	Verde con pocas manchas	Morada	35 cm	Actinomorfa	Ondulado	Amarillo	SI
3	33 días	Verde	Morada	39 cm	Actinomorfa	Ondulado	Amarillo	SI

del tallo principal. Para la variedad 1, los tallos presentaron un pigmentado totalmente morado. En cuanto, a las variedades 2 y 3 predominó el color verde más del 50% de la superficie expuesta por todo el tallo. Respecto al color de la flor, las 3 variedades se caracterizaron por presentar un color morado predominante.

La forma de corola se evaluó en una flor completamente abierta; en este caso las 3 variedades presentaron una forma actinomorfa; es decir, de simetría radiada que puede dividirse en dos mitades iguales. En la forma de las alas del tallo, las 3 variedades presentaron una forma de alas del tallo ondulado<sup>11</sup>.

La pigmentación de las anteras, en el caso de las 3 variedades se observó en su mayoría la presencia de pigmentos de color amarillo. Finalmente, las 3 variedades, en su etapa reproductiva hubo presencia de fruto (Tabla 2).

**Tabla 2.** Análisis de varianza para número de tubérculos por cada variedad evaluada.

FV	SC	GL	CM	F	Pro-babilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1249,87	2	624,93	3,64	0,04	3,35
Dentro de los grupos	4629,60	27	171,47			
Total	5879,47	29				

### Evaluación del rendimiento

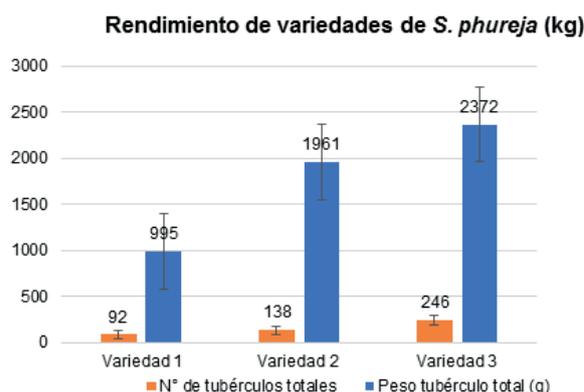
Esta variable fue evaluada al momento de la cosecha cuando los tubérculos se encontraban antes de la madurez fisiológica, es decir, que aun la piel se removía con facilidad al contacto manual. Se registró el número de tubérculos totales y el peso total por variedad.

La variedad que obtuvo mayor número de tubérculos fue la Variedad 3 con 246, seguida de la Variedad 2 con 138 y la Variedad 1 (Violeta) con 92. No obstante, la Variedad 2 presentó tubérculos uniformes, la Variedad 1 tubérculos deformes y la Variedad 3 uniformes, pero de menor tamaño (Figura 1).

Estos resultados de rendimiento fueron procesados usando análisis de varianza (ANOVA) (Figura 1) y pruebas de rango múltiple de Tukey ( $p=0,05$ ). En este caso se plantearon dos hipótesis la hipótesis nula ( $H_0$ ) y una hipótesis alterna ( $H_a$ ) determinando lo siguiente:

$$H_0 = M1 = M2 = M3$$

**Figura 1.** Rendimiento en kg de las tres variedades de *S. phureja* bajo fertilización orgánica.



$$H_a = M1 \neq M2 \neq M3$$

M: medias de las variedades 1, 2, 3.

Por lo tanto, si,

$$F_{tab} > F_{cal} = \text{Acepto } H_0$$

$$F_{cal} > F_{tab} = \text{Acepto } H_a$$

En la Tabla 2 se observa el análisis de varianza de las variedades de acuerdo con el número de tubérculos. Rechazando la hipótesis nula; por tanto, al menos una de las variedades es significativamente diferente.

En la prueba de comparación de Tukey ( $p=0,05$ ) respecto al número de los tubérculos, se observó una diferencia significativa de la variedad 3 respecto a las demás variedades evaluadas (Tabla 3).

**Tabla 3.** Prueba de Tukey ( $p=0,05$ ) respecto al número de tubérculos en las variedades de papa evaluadas.

	Variedad 1	Variedad 2	Variedad 3
Variedad 1			
Variedad 2	-4,6		
Variedad 3	-15,4	-10,8	

Asimismo, en la Tabla 4 se observa el análisis de varianza de las variedades de acuerdo con el peso de tubérculos, rechazando la hipótesis nula, por tanto, al menos una de las variedades es significativamente diferente.

En la prueba de comparación de Tukey ( $p=0,05$ ) respecto al peso de los tubérculos totales (Tabla 5), se observó que la variedad 3 es significativamente diferente respecto a

**Tabla 4.** Análisis de varianza en el rendimiento de acuerdo con el peso de los tubérculos por cada variedad.

FV	SC	GL	CM	F	Proba- bilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	99940,2	2	49970,1	5,954 2033	0,0072 08158	3,3541 30829
Dentro de los grupos	226595	27	8392,4074			
Total	326535,2	29				

**Tabla 5.** Prueba de Tukey ( $p=0,05$ ) respecto al peso en g de tubérculos en las variedades de papa evaluadas.

	Variedad 1	Variedad 2	Variedad 3
Variedad 1			
Variedad 2	-96,6		
Variedad 3	-137,7	-41,1	

las 2 variedades comparadas, indicando que esta variedad presenta mayor peso y número de tubérculos que las demás variedades de papa.

### Evaluación del porcentaje de incidencia de *P. infestans*

Inicialmente se realizó la observación de signos y síntomas de *P. infestans* encontrando como signo del patógeno un micelio algodonoso de color blanco en el envés de las hojas. De síntomas se observaron manchas necróticas de color café en el haz de las hojas y en los tallos (Ilustración 1).

#### Material suplementario

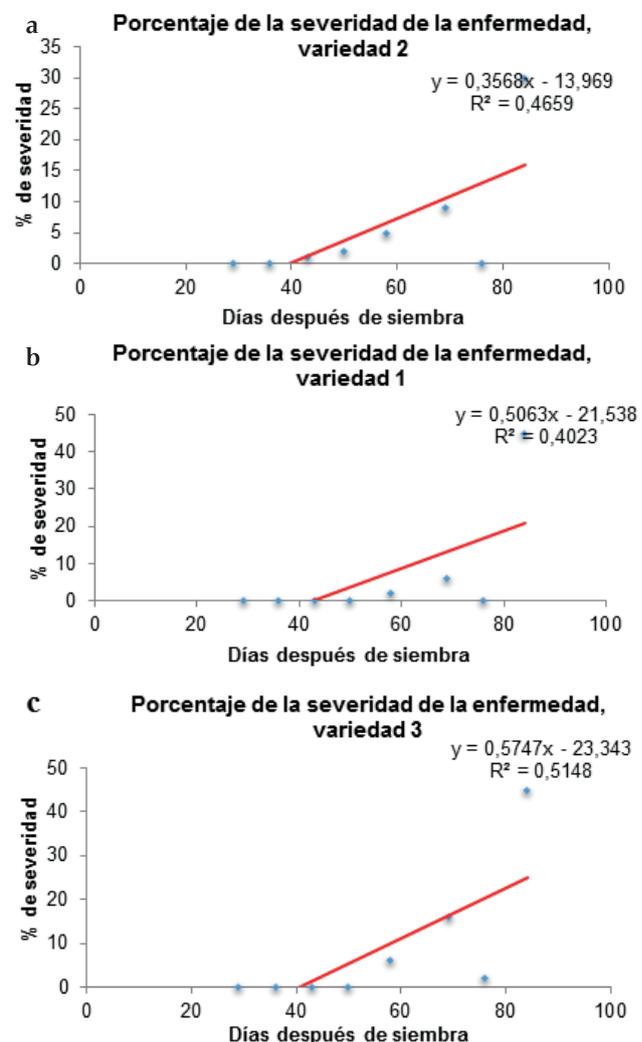
Ilustración 1. Signos y síntomas de la enfermedad gota de la papa causada por *P. infestans*. A, B, C) lesiones necróticas. D, E) Micelio en el envés de los folíolos.



Las regresiones simples aplicadas en las tres variedades de papa criolla arrojaron como resultado una correlación del 40,23% para la variedad 1, 46,59% para la variedad 2 y del 51,48% para la Variedad 3, por tanto, la variedad más susceptible a la enfermedad es la Variedad 3, mientras que la Variedad 1 es la más resistente (Figura 2 a, b, c).

El análisis de varianza indicó que no existe una diferencia significativa en la susceptibilidad de las variedades a *P. infestans* (Tabla 6).

**Figura 2.** Regresión lineal simple del porcentaje de severidad de la enfermedad de las variedades evaluadas en el tiempo. a) Variedad 1, b) Variedad 2, c) Variedad 3.



**Tabla 6.** Análisis de varianza del porcentaje de severidad de la enfermedad gota de la papa causada por *P. infestans* en las tres variedades evaluadas.

FV	SC	GL	CM	F	Proba- bilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	32,33	2	16,17	0,08	0,92	3,47
Dentro de los grupos	4174,63	21	198,79			
Total	4206,96	23				

De manera simultánea a la enfermedad, se presentaron problemas fitosanitarios asociados a plagas como: babosa, gorgojo, polilla guatemalteca y chiza.

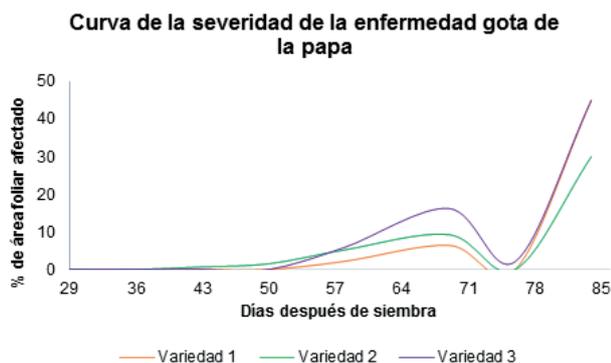
### Área bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCPE

El ABCPE fue calculado a partir de los porcentajes estimados del área foliar enferma registrados durante el proceso. A su vez, se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (ABCPEr) y el cálculo de la escala de

**Tabla 7.** Resultados del área bajo la curva del progreso de la enfermedad - ABCPE, área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo - ABCPEr y escala de susceptibilidad a la enfermedad en las tres variedades evaluadas.

Días después de siembra	29	36	43	50	58	69	76	84	ABCPE	rABCPE	Valor más alto de la escala	Constante	Valores de la escala de susceptibilidad
Variedad 1	0	0	0	0	2	6	0	45	259	0,05			3,25
Variedad 2	0	0	1	2	5	9	0	30	269	0,05			3,38
Variedad 3	0	0	0	0	6	16	2	45	398	0,07	5	69,07223	5,00

**Figura 3.** Curva de la severidad de la enfermedad gota de la papa causada por *P. infestans* en las tres variedades evaluadas en Facatativá, Cundinamarca.



susceptibilidad a la enfermedad (Tabla 7). De acuerdo a los valores de la escala de susceptibilidad la variedad 3 es la más susceptible con respecto a las demás variedades evaluadas. Estos datos coinciden con la curva de la severidad de la enfermedad evaluada en las tres variedades (Figura 3).

En la figura 3 se observa que el área de la lesión aumenta en un 62% en la variedad 3 a los 64 días después de siembra con respecto a la variedad 1 (37% de severidad) y un 56% con respecto a la variedad 2, lo que evidencia los diferentes niveles de resistencia que presentan las variedades evaluadas. Así mismo se observa que la variedad 1 es la que presenta menor área afectada por la enfermedad durante el ciclo de la evaluación. La caída de la curva a los 76 días de medición se debe a la muerte del área foliar y posterior caída del follaje.

## DISCUSIÓN

Se evaluaron tres variedades comerciales de papa criolla en resistencia y susceptibilidad a gota de la papa, así como variables de rendimiento en la localidad de Facatativá, Cundinamarca. Las variedades evaluadas fueron la Variedad 1 (Violeta), Variedad 2 (Sua-Pa) y la Variedad 3 (Colombia); de acuerdo con el ABCPE la variedad más susceptible corresponde a la variedad Colombia con un ABCPE de 398 y un valor en la escala de susceptibilidad de 5. Asimismo, la variedad violeta presentó el valor más bajo de 259 y 3.25 en la escala; según Forbes, Pérez, & Andrade-Piedra (2014)<sup>12</sup> entre más alto sea el ABCPE la variedad posee mayor susceptibilidad a la enfermedad. Por tanto, la variedad más resistente es la variedad violeta.

En cuanto, a las características morfológicas en promedio las variedades germinaron al mes de la siembra; de acuerdo con el manual de papa elaborado por la Cámara de Comercio de Bogotá<sup>14</sup> las semillas germinan al cabo de 15 días en

condiciones de temperatura entre 12-14°C, humedad relativa del 75-80% y a una altura sobre el nivel del mar de 2000-3500m.s.n.m. El retraso en la germinación de las variedades se asocia al desarrollo de yemas y la profundidad de siembra.

Con respecto al rendimiento de las variedades y conforme se observó en el ANOVA y la prueba de Tukey ( $p=0.05$ ), la Variedad 3 presentó una diferencia significativa tanto en número como peso de los tubérculos. Concorde a (15), la variedad colombia es susceptible a la enfermedad de gota de la papa (*P. infestans*) y posee un rendimiento de tubérculos bajo  $x < 0.60$  (kg/planta); conforme a los datos registrados y la cosecha temprana (84 días después de plantación) se presenta en promedio de peso de 0,237 (kg/planta). Por otro lado, la variedad violeta presenta resistencia a la gota de la papa y un rendimiento de tubérculos alto  $x > 1.00$  (kg/planta) (Universidad Nacional de Colombia, 2017); sin embargo, esta variedad a los 84 días después de la plantación debió presentar 0,70 kg/planta en cambio, en promedio se obtuvo un peso de 0,10 (kg/planta). Para la variedad 2 Sua-pa según el grupo de investigación de papa de la Universidad Nacional de Colombia (15), posee resistencia moderada al tizón tardío y un rendimiento de tubérculos igual a la variedad colombia; teniendo en este caso que poseer un peso estimado de 0,42 kg/planta pero en el estudio se obtuvo 0,196 (kg/planta). El bajo rendimiento es asociado a la fertilización del suelo, puesto que se fertilizó una única vez durante el periodo de evaluación. Aún así, la variedad colombia tuvo mayor rendimiento esto se debe según (16) a que es una especie primitiva que logra adaptarse a las condiciones del medio, absorbiendo los nutrientes requeridos durante su desarrollo.

Respecto a la evaluación del porcentaje de severidad de la enfermedad, el análisis de varianza indicó que no existía una diferencia significativa entre las variedades. En cuanto a el análisis realizado por medio de regresión simple, se observa que la correlación entre los días de siembra y el porcentaje de severidad de la enfermedad es menor en la Variedad 1 con 40,23% y de 51,48% para la Variedad 3; afirmando lo registrado por el grupo de investigación de papa de la universidad nacional.

## CONCLUSIONES

Se realizó la evaluación de la respuesta de tres variedades de papa criolla bajo la infección de *P. infestans*, favorecida por las condiciones de temperatura y humedad. Se determinó que la variedad Violeta posee mayor resistencia, pero menor rendimiento en número y peso de tubérculos para las condiciones evaluadas.

La variedad Colombia tiene mayor rendimiento en

tubérculos, sin embargo, posee un 51,28% de susceptibilidad al ataque de *P. infestans*. Por otro lado, la variedad 2 mostró ser moderadamente susceptible.

El tiempo de emergencia de las plantas en general afectó el ciclo fenológico, aumentando el periodo de llenado de fruto y cosecha. Asimismo, el bajo rendimiento de las variedades se asocia a la fertilización realizada una única vez durante la siembra.

## REFERENCIAS

1. OECD/FAO. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2015. París: OECD Publishing. doi: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-es)
2. Mosquera T. y Cuellar D, editores. La genética de la papa frente a la gota. Bogotá, Colombia: UN; 2013.
3. Tiwari JH. Review Molecular markers for late blight resistance breeding of potato: an update. Plant Breeding 2013, 132:237–245.
4. Fry WG. Population genetics and intercontinental migrations of *Phytophthora infestans*. Annu. Rev. Phytopathol 1992, 30:107–129.
5. Lamour KS. The oomycete broad-host-range pathogen *Phytophthora capsici*. Molecular plant pathology 2012, 13(4):329-337.
6. Gururan M, Venkatesh J, Upadhyaya CP, Nookaraju A, Pandey SK & Park SW. Plant disease resistance genes: current status and future directions. Physiol. Mol. Plant Pathol. 2012, 78:51–65.
7. Gebhardt C & Valkonen JP. Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome. Annu. Rev. Phytopathol 2001 39:79–102.
8. Kou Y & Wang S. Broad-spectrum and durability: understanding of quantitative disease resistance. Current Opinion in Plant Biology 2010, 13(2):181–185.
9. Gebhardt C. Review Bridging the gap between genome analysis and precision breeding in potato. Trends in Genetics 2013 29(4),248-256.
10. Alcaldía de Facatativá - Cundinamarca. Alcaldía de Facatativá - Cundinamarca. 2017. Disponible en <http://www.facatativa-cundinamarca.gov.co/informacion-general.shtml#geografia>.
11. Gómez R. Guía para las caracterizaciones morfológicas básicas en colecciones de papas nativas. Centro Internacional de la Papa (CIP), Germoplasma de Papa, Dpto. de Mejoramiento y Recursos Genéticos. CIP, Lima, Perú. 2000.
12. Forbes GA, Pérez W & Andrade-Piedra J. Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo. Centro Internacional de la papa; 2014. doi:10.4160/9789290604501
13. Piñeros CJ. Recopilación de la investigación del sistema productivo papa criolla. Secretaria de agricultura y desarrollo económico-Federación colombiana de de productores de papa; 2009. Disponible en <https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Documentos/005%20-%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/005%20-%20D.T%20-%20Libro%20Papa%20Criolla.pdf>
14. Cámara de Comercio de Bogotá. Manual Papa. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá; 2015.
15. Universidad Nacional de Colombia. Grupo de Investigación de Papa. 2017 Nov. Disponible en Facultad ciencias agrarias: <http://papaunc.com/catalogo/violeta> y <http://papaunc.com/catalogo/criolla-sua-pa>
16. Arias V, Bustos P & Ñustez CE. Evaluación del rendimiento de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad “yema de huevo”, bajo diferentes densidades de siembra en la sabana de Bogotá. Agronomía Colombiana 1996 XIII(2):152-161.
17. Yuen JE & Forbes GA. Estimating the level of susceptibility to *Phytophthora infestans* in potato genotypes. Phytopathology 2009 Jun 99(6):783-786. doi:10.1094/PHTO-99-6-0782

# Caracterización de agentes causales de enfermedades en el cultivo de mora (*Rubus glaucus*) en la finca manantial en la vereda sabaneta, municipio de La Vega, Cundinamarca

Diana Marcela Hernández Pachón<sup>1</sup>, Sandra Milena Árdila Panesso<sup>1</sup>, Jeimy Sofia Díaz Jiménez<sup>1</sup>, María Alejandra Perilla Gómez<sup>1</sup>, Danny Daniel Cubillos Pedraza<sup>1\*</sup>, Johan Camilo Serrano Sánchez<sup>1</sup>, María Fernanda Quesada Pacheco<sup>1</sup> & Nancy Lorena Pulido Ortíz<sup>1</sup>

## Resumen

El cultivo de mora constituye alternativas productoras de exportación y elaboración de subproductos a nivel nacional. Sin embargo, este cultivo es susceptible a diversos patógenos que inciden en la calidad y rentabilidad del producto. Por tanto, el objetivo de la investigación fue caracterizar los agentes patógenos en el cultivo de mora. Este estudio se realizó en la finca El manantial en el municipio de la Vega, Cundinamarca. Se llevó a cabo un muestreo sistemático del 10% del total de plantas de mora observando signos y síntomas. Las muestras recolectadas se sometieron al diagnóstico por impronta directa y cámara húmeda; encontrando una incidencia del 34,8% de *Collectotrichum*; 18% de *Alternaria*, y 15,8% de *Oidium*. También se observaron agentes patógenos como *Peronospora*, *Botrytis*, *Phoma*, entre otros. De los microorganismos observados, fueron aislados *Collectotrichum sp* y *Fusarium sp* para evaluar el control químico y biológico a partir de tres tratamientos T:O (Oxicloruro de cobre), T:N (Nistatina) y T:T (*Trichoderma harzianum*) a concentraciones de 1:10 y 1:20. Dichos tratamientos fueron sometidos a un análisis de varianza, concluyendo que la mejor concentración es de 1:10 para los tres tratamientos. Por otro lado, se realizó una comparación de inhibición de acuerdo con la escala de Elías y Arcos (1984) y se observó que el tratamiento biológico es más efectivo teniendo grados de afectación superiores a la escala. Por tanto, el tratamiento con *Trichoderma harzianum* como biocontrolador podría ser una alternativa sustentable en el control de agentes fitopatógenos en el cultivo de mora.

**Palabras clave:** Pudrición del fruto, Mildeo polvoso, Mildeo veloso, Antracnosis, Antagonismo.

## Abstract.

Blackberry crops represent an exportation alternative and production of by-products at national level. However, this specie is highly susceptible to various phytopathogens that affect the quality and profitability of the product. Therefore, the objective of the research was to characterize the pathogens in the blackberry's cultivation. This study was carried out in the "El manantial" farm located in the municipality of La Vega, Cundinamarca. A systematic sampling of 10% of total blackberry plants was carried out observing signs and symptoms. The samples collected were diagnosed by direct imprinting and by using a wet chamber. We found an incidence of 34.8% of *Collectotrichum*; 18% of *Alternaria*, and 15.8% of *Oidium*. Pathogens such as *Peronospora*, *Botrytis*, *Phoma*, among others were identified. Between microorganisms observed, *Collectotrichum sp* and *Fusarium sp* were isolated to evaluate their effect as chemical and biological controls from three treatments T:O (Copper oxychloride), T:N (Nystatin) and T:T (*Trichoderma harzianum*) at concentrations of 1:10 and 1:20. These treatments were subjected to an analysis of variance, concluding that the best concentration was 1:10. On the other hand, an inhibition comparison was made according to the scale of Elías and Arcos (1984). It was observed that the biological treatment was more effective with degrees of affectation superior to the scale. Therefore, treatment with *Trichoderma harzianum* as a biocontrol might be a sustainable alternative for phytopathogenic control in blackberry crops.

**Key words:** Fruit rot, Powdery mildew, Hairy mildew, Anthracnose, Antagonism.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia el cultivo de mora es empleado para la exportación y la elaboración de productos procesados destinados al consumo nacional (1), siendo un cultivo que provee alternativas de producción a pequeños y grandes productores (2). "Colombia produce aproximadamente 100 mil toneladas/año de mora de Castilla *Rubus glaucus* (Benth). Los departamentos de Cundinamarca, Santander, Huila y Antioquia son los mayores productores, con cerca del 70% de la cosecha nacional" (3).

A su vez, este cultivo es afectado por enfermedades que deterioran su rendimiento y productividad, dentro de las cuales se encuentra la Pudrición del fruto, Antracnosis del fruto, Mildeo polvoso, Mildeo veloso, entre otras. La pudrición del fruto o moho gris (*Botrytis cinerea Pers*) causa lesiones de color café claro en el ápice de las hojas (2). La Antracnosis del fruto, muerte descendente o secadera causada por *Collectotrichum gloeosporioides*, es una enfermedad que genera manchas ovaladas de color morado o violáceo tanto en tallos como en ramas, que los cubren parcial o totalmente (4). Por otro parte, el Mildeo polvoso (*Oidium spp*) se caracteriza por la aparición de

<sup>1</sup> Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca. Extensión Facativá.

\* ddcubillos@ucundinamarca.com

parches cloróticos sobre la superficie, y crecimiento de esporas en forma de polvo blanco (2). El Mildeo veloso (*Peronospora sparsa*) ataca formando manchas irregulares de coloración morado; esta enfermedad es más evidente en hojas jóvenes. Otras enfermedades son Roya (Gerwasia largeheimii), Marchitez y pudrición de las raíces (*Verticillium sp.*, *Fusarium sp.*, *Rosellina sp.*) y, Agalla de la corona (*Agrobacterium tumefaciens*) (2).

A pesar de que los cultivos de mora presentan estas enfermedades, se realizan controles siendo aceptados en los mercados internacionales ya sea como producto congelado o fresco. Asimismo, “en la producción de frutas tropicales en el año 2011 se ubicó en el puesto diez, con 462.762 toneladas de diferentes frutas producidas, aportando un 3% al total de la producción mundial que fue de 15.754.040 toneladas” (5). El cultivo de mora en Colombia es uno de los más populares en departamentos como Risaralda, Cundinamarca, Boyacá, Caldas y Valle del Cauca (6). El departamento de Cundinamarca es una de las zonas productoras de frutales más importantes del país con más de 13.000 Ha sembradas, este es el segundo producto más importante de la región y, su producción está entre las 10 y 30 toneladas por hectárea según sea su tecnificación (7).

Del mismo modo, el control fitosanitario (químico y biológico) y manejo cultural de las enfermedades interviene de manera directa en la producción sustentable del cultivo, es decir, el “uso eficiente de los recursos no renovables, mejorando la calidad de vida de los agricultores y la sociedad como un todo” (8). Ante la presencia de enfermedades se reduce la productividad lo que se traduce en pérdidas económicas para el agricultor, toma precios elevados para el consumidor, y en algunas situaciones con lleva a la ruina y hambrunas de la región (9).

Para el control de las enfermedades se implementa el uso de hongos antagonistas como control biológico de los fitopatógenos (10); el género *Trichoderma* se destaca por ser uno de los más utilizados en el biocontrol de patógenos fúngicos, además de contribuir con el medio ambiente e incentivar la producción sustentable del cultivo de mora (*Rubus glaucus*) (11). Por tanto, el objetivo principal del proyecto fue caracterizar los agentes causales de enfermedades en el cultivo de mora (*Rubus glaucus*) en la finca manantial de la vereda sabaneta en el municipio de la Vega, Cundinamarca; además de evaluar el antagonismo de *Trichoderma harzianum* con algunos de los agentes patógenos con el fin de motivar la producción sustentable de la finca.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se realizó en la finca El Manantial ubicada en el caserío el vino, de la vereda sabaneta en la vega Cundinamarca, al noroccidente de Bogotá D.C; se encuentra dentro de la provincia de Gualivá y pertenece a la zona de distrito de manejo cuenta con una temperatura promedio entre 13 a 18°C. Los límites de la vereda son: Al norte de los municipios de Vergara y Nocaima; Al sur

del municipio de Facatativá; Al occidente del municipio de Sasaima; Al oriente de los municipios de Supatá y San Francisco (12).

La fase del laboratorio se realizó con el programa de ingeniería agronómica, de la Universidad de Cundinamarca, extensión Facatativá. El Municipio de Facatativá, se encuentra ubicado geográficamente en el extremo occidental de la Sabana de Bogotá D.C. a 42 Km de la ciudad capital, su altitud en la cabecera municipal es de 2586 msnm, con una temperatura promedio de 14°C (13).

### **Etapa de campo**

Para la observación de signos y síntomas de enfermedades que se presentan en el cultivo, se realizó un muestreo sistémico en donde de 2500 plantas de mora se seleccionó el 10%; las muestras fueron tomadas cada 4 camas del inicio, mitad y final de la cama; para la colección del material vegetal se tomó hojas, tallos, frutos y flores, los cuales fueron depositados en bolsas de papel previamente etiquetadas y, posteriormente fueron trasladadas al laboratorio de la Universidad de Cundinamarca, extensión Facatativá.

Etapa en laboratorio para la caracterización del agente causal de las enfermedades en el cultivo de mora

De acuerdo con los síntomas y signos evidenciados durante la colección del material vegetal en campo, se realizaron tres procedimientos para la caracterización de los agentes causales de las enfermedades.

### **Montaje de impronta directa de material recolectado.**

Se realizó el montaje de impronta directa de cada una de las muestras (hojas, tallo, fruto y flores) recolectadas. En primer lugar, se coloca una gota de azul de lactofenol sobre un portaobjetos, luego se corta un trozo de cinta adhesiva transparente y se realiza una impresión al material vegetal afectado, posteriormente es llevado al portaobjetos, se retira el exceso de colorante y se realiza la observación al microscopio en el objetivo de 40x en donde, se reconoció la morfología (micelios, esporas, septos, coloración, conidios) de los hongos. Se tomó registro fotográfico de cada montaje realizado.

### **Montaje de cámara humedad al material recolectado.**

Se tomaron bolsas herméticas ziploc de 15x18 cm y una toalla absorbente húmeda en donde fue colocado el material vegetal durante 8 días a temperatura ambiente (14°C) tiempo en el cual se observó el desarrollo del hongo sobre la superficie de la muestra. Posteriormente, se realizó la observación microscópica con el fin de caracterizar y confirmar el agente causal.

### **Aislamiento de los diferentes agentes causales.**

Luego de haber confirmado cada uno de los agentes causales de acuerdo con sus signos y síntomas

evidenciados en cada muestra vegetal, se realizó la siembra directa de una fracción del material vegetal en cajas de Petri con agar PDA (agar de papa dextrosa) con un pH 5.5, colocándolas a temperatura ambiente (14°C), durante 8 días, para identificarlas nuevamente. Luego, se procedió al aislamiento y la purificación de la cepa para poner a prueba el antagonismo mediante tratamiento químico y biológico.

### Incidencia y Severidad

Para determinar el porcentaje de incidencia y severidad de las enfermedades encontradas, se tomaron 4 hojas, tallos, y frutos afectados (de cada planta evaluada), se contempló que en promedio una planta de mora posee 55 hojas, de 3 a 4 tallos y 50 frutos. Para determinar el porcentaje de incidencia se toma el número de plantas afectadas por la enfermedad multiplicado por 100 y dividido en el número total de plantas muestreadas. Para la severidad, se toman el número de hojas afectadas por 100, dividido en el promedio de hojas que posee una planta de mora. Asimismo, se realiza este procedimiento con tallos y frutos.

Montaje de pruebas antagónicas con ingredientes activos químicos (Oxicloruro de Cobre y Nistatina) y control biológico (*Trichoderma harzianum*)

Después de obtener las cepas puras de los hongos patógenos *Fusarium sp* y *Colletotrichum sp*, se preparó agar PDA, con las condiciones antes mencionadas; sobre la superficie del agar se inculo ambos hongos de forma masiva para obtener uniformidad en el crecimiento; simultáneamente se realizaron tres tratamientos: dos químicos y uno biológico, los cuales fueron evaluados a dos concentraciones 1:10 (para esta concentración se utilizó 0.5 g de cada uno de los tratamientos en 5 ml de agua) y 1:20 (para este caso fue 0.25g en 5 ml). Los tratamientos se denominaron T:O tratamiento químico con oxicloruro de cobre, T:N tratamiento químico con nistatina, los cuales se encontraban en el laboratorio de la universidad, y T:T tratamiento biológico con *Trichoderma harzianum* con concentración de 2x10<sup>8</sup> UFC/g de sustrato suministrado por el profesor Daniel Cubillos.

Para realizar la prueba de sensibilidad o antagonismo se utilizaron discos de papel con un diámetro 0.7 mm impregnados con las concentraciones ya conocidas de los diferentes tratamientos, en cada disco de agar con el patógeno se colocó cuatro discos impregnados. La elección de los tratamientos a probar dependió de tipo de patógeno y del foco de infección. Los tratamientos se difunden desde el papel al agar de una forma radial. Posteriormente se incubaron las placas durante 8 días a temperatura ambiente (14°C) y luego se midieron los halos de inhibición para verificar el porcentaje de sensibilidad. El antagonismo de los diferentes tratamientos se comprobó estudiando el Diámetro de Crecimiento Antagonista (DCA) y se realizó una comparación con la tabla de por Elías y Arcos (Tabla 1) (11,14) para evaluación de la capacidad antagónica.

**Tabla 1.** Escala creada por Elías y Arcos (1984) para evaluación de la capacidad antagónica (mico parasitismo), de acuerdo con la medida de la invasión de la superficie, colonización y esporulación.

Grado	Capacidad antagónica
0	Ninguna invasión de la superficie de la colonia del hongo patógeno.
1	Invasión de ¼ de la superficie de la colonia del hongo patógeno.
2	Invasión de ½ de la superficie de la colonia hongo patógeno.
3	Invasión total de la superficie de la colonia del hongo patógeno
4	Invasión total de la superficie de la colonia del hongo patógeno esporulación sobre ella.

### Diseño y análisis estadístico

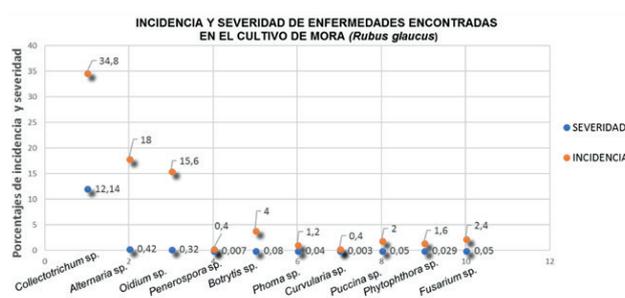
Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de acuerdo con diseño experimental de bloques completamente al azar (BCA) y una comparación de medias mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), para todas las variables con significancia estadística.

## RESULTADOS

### Caracterización morfológica

Se caracterizaron 10 tipos de hongos en el material vegetal (hojas, tallo, y fruto) del cultivo de mora y los diferentes porcentajes de incidencia y severidad (Fig. S1), los cuales se presentan a continuación:

**Fig. S1.** Incidencia y severidad de enfermedades encontradas en el cultivo de mora (*Rubus glaucus*) en la finca manantial.



*Phoma sp* (Figura 1), se observó afectación en la parte superior de la planta, las hojas presentaban manchas pequeñas de color café o negro, algunas con anillos concéntricos. Este patógeno arrojó una severidad del **Figura 1.** Izq. Material vegetal con signos y síntomas de *Phoma sp*. Dcha. Identificación microscópica de *Phoma sp*. Esporas y micelio del agente causal (Objetivo de 40x).



0.04% e incidencia del 1.2%. A nivel microscópico se evidenció los picnidios en forma globosa con ostiolas. Las picnidiosporas fueron hialinas, de forma cilíndrica, redondeadas en los extremos, con un septo truncado en su centro, y micelio delgado enredado.

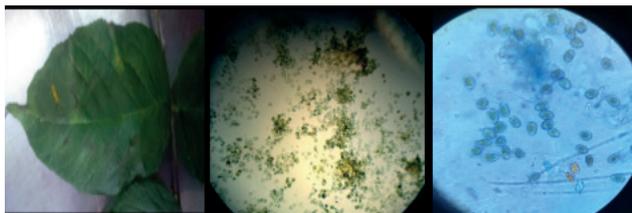
*Curvularia sp* (Figura 2), aparece como un distintivo mosaico amarillo y verde con un patrón típico que se extiende desde el ápice de la hoja hacia la base. Se encontraron hojas encojidas y de color gris. La severidad fue del 0.03% y una incidencia del 0.4%. Microscópicamente, las macroconidias tienen entre cuatro a cinco células separadas por tabiques transversales de modo simpodial de dos conidióforos curvos.

**Figura 2.** Izq. Material vegetal con signos y síntomas de *Curvularia sp*. Dcha. Identificación microscópica de *Curvularia sp*. esporas del agente causal (Objetivo de 40x).



*Puccinia sp* (Figura 3), presentaba síntoma de pústulas de color anaranjado sobre las hojas. Al observar el envés, se notan tumores pequeños. En los tallos produce agrietamientos; ataca también flores y frutos, donde se observa polvo de color naranja. Esta enfermedad tuvo una severidad del 0.05% y una incidencia del 2%. En el microscópico se observan uredosporas de color anaranjado claro, de forma generalmente piriforme, con un engrosamiento en la parte apical de la pared, característico de la especie.

**Figura 3.** De Izq. a Dcha. Observación síntomas de roya en material vegetal. Agente causal *Puccinia sp*. (Objetivo 10x y 40x)



*Peronospora sp* (Figura 4) se evidenció en las hojas un amarillamiento del borde hacia adentro, lo que conllevaba a confundirlo con una deficiencia nutricional; en los tallos presentaban lesiones irregulares de color blanco en las que crecía una vellosidad de color blanco o gris claro. Esta enfermedad presentó una incidencia del 0.4% y severidad del 0.007% en hojas; la severidad en tallos y frutos fue de 0.4%.

Poseen esporangióforos ramificados, no septados y de colores violáceos, los esporangios son de forma piriforme a fusiforme, unidos a los esporangióforos por su extremo final.

*Phytophthora sp* (Figura 5), los primeros síntomas de la

**Figura 4.** De Izq. a Dcha. Observación síntomas de mildew vellosos en material vegetal. Agente causal *Peronospora sp*.



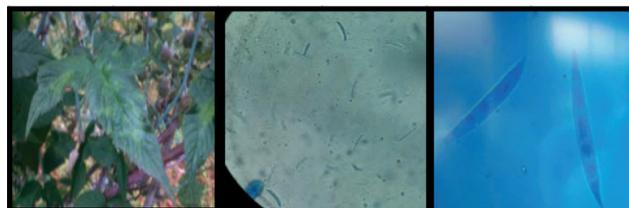
**Figura 5.** Izq. Material vegetal con signos y síntomas de *Phytophthora sp*. Dcha. Identificación microscópica de *Phytophthora sp*. Esporas y micelio del agente causal (Objetivo de 40x y 100x).



enfermedad se encontraron en las hojas donde se veía la presencia de necrosis en el margen del limbo foliar y marchitez; en los brotes clorosis y posterior marchitez. Esta enfermedad evidencia una severidad del 0.029% e incidencia del 1.6% correspondientes estos datos únicamente en hojas y brotes. A nivel morfológico se encontró que micelio hialino, y los esporangios tienen formas alimonadas y papiladas.

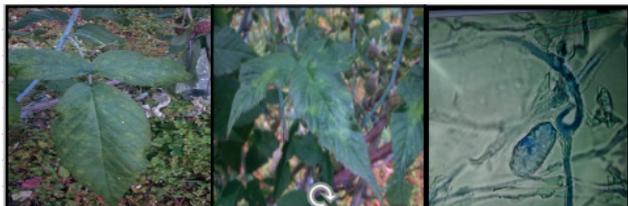
*Fusarium sp* (Figura 6) como síntoma inicial se evidenció un retraso en el crecimiento y clorosis leve de algunas hojas. Severidad del 0.05% e incidencia del 2.4% únicamente síntomas en las hojas, no se encontró presencia de marchitamiento, y decoloración en haces vasculares. A nivel microscópico se encontró conidios septados y hialinos, multicelulares y con forma característica de banana.

**Figura 6.** Izq. Material vegetal con evidencian de los primeros signos y síntomas de *Fusarium sp*. Dcha. Identificación microscópica de *Fusarium sp*. Esporas del agente causal (Objetivo de 40x y 100x).



*Oidium sp* (Figura 7), los síntomas de esta enfermedad son aparición de parches cloróticos sobre la superficie, acompañados de deformaciones y enrollamientos de la lámina foliar; además de la aparición de un polvo o cenicilla blanca. La incidencia de esta enfermedad fue del 15.6% y una severidad del 0.32% únicamente en hojas. Microscópicamente se observaron apresorios lobulados, conidióforos ligeramente curvos, hialinos y conidios simples.

**Figura 7.** De Izq. a Dcha. Observación síntomas de mildew polvoso en material vegetal. Agente causal *Oidium* sp. (Objetivo 100x)



*Alternaria* sp (Figura 8) evidencia de síntomas en las hojas más viejas de la planta, en donde ocurre el amarillamiento generalizado de la hoja. Las lesiones son redondas, secas, de color café oscuro o negro, de bordes irregulares, con marcados anillos concéntricos rodeados de un halo clorótico. Con una incidencia del 18% y una severidad de 0.42%. A nivel microscopico, tiene un micelio de color oscuro, conidióforos cortos, simple y erectos; los conidios son grandes, alargados, oscuros, en forma de pera con septos transversales y longitudinales.

**Figura 8.** Izq. Material vegetal con evidencian de signos y síntomas de *Alternaria* sp. Dcha. Identificación microscópica de *Alternaria* sp. Esporas del agente causal (Objetivo 40x)



*Botrytis* sp (Figura 9), los síntomas se manifiestan principalmente en los frutos de la planta, se observaron lesiones de color café claro en el ápice de las hojas y, un crecimiento algodonoso en el envés; necrosis en pedúnculos. Presentó una incidencia del 12.4% en frutos con una severidad del 0.64%, mientras que en las hojas se evidencia una incidencia del 4% y una severidad 0.08%. Microscópicamente se observa conidioforos largos y ramificados, con racimos de conidios ovoides asemejándose a un racimo de uvas.

**Figura 9.** De Izq. a Dcha. Observación síntomas de moho gris en material vegetal. Agente causal *Botrytis* sp. Esporas y micelio del agente causal (Objetivo 40x)



*Collectrochium* sp (Figura 10), se observaron manchas ovaladas de color morado o violáceo en los tallos y

**Figura 10.** Izq. Material vegetal con evidencian de signos y síntomas de palo negro o antracnosis. Dcha. Identificación microscópica de *Colletotrichum* spp. Esporas del agente causal (Objetivo de 40x)

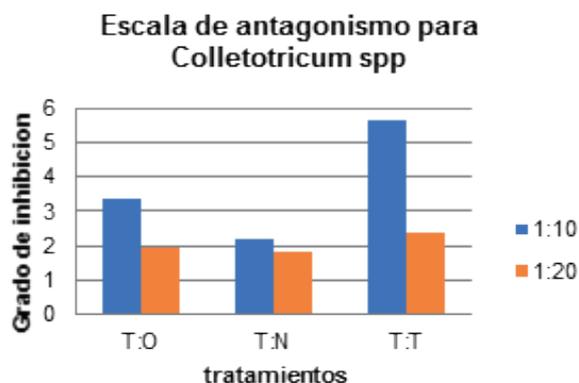


ramas, las hojas se marchitan, amarillan y mueren adheridas a la planta. Microscópicamente se observaron conidos incoloros, estos conidios presentan un extremo redondeado y otro agudo. Esta enfermedad tuvo una incidencia del 34.8% y una severidad del 12.14% afectado las hojas, y en tallos la incidencia fue del 9.2% y una severidad del 8.09%.

### Pruebas antagonicas

Las pruebas antagonicas se realizaron a partir de dos tratamientos químicos T:O (oxicloruro de cobre) y T:N (nistatina) y, un tratamiento biológico T:T (*Trichoderma harzianum*). Al medir el diámetro de crecimiento antagonista (DCA) de los patógenos con cada tratamiento se observó competencia y antibiosis, en la cual se encontró que los tratamientos con T:T se desarrollaron en forma de competencia antibiótica mientras que los tratamientos T:O y T:N solo presentan antibiosis, la eficiencia en cuanto a la capacidad o sensibilidad antagonica se vio evidenciada en los tratamientos de concentración 1:10.

Para la evaluación de la capacidad antagonica de los tratamientos se realizó una comparación con la escala propuesta por Elías y Arcos (1984) en donde, 4° corresponde a la invasión total de la superficie de la colonia del hongo patógeno y 0° ninguna invasión. Para el control de *Colletotrichum* se evidenció que el mejor tratamiento fue el biológico T:T con un promedio de 1.6 cm de halo de inhibición representando aproximadamente el 5.65° > 4° lo que significa que hubo una invasión total de la superficie de la colonia del hongo patógeno con posible esporulación si se deja incubando por más tiempo (Fig. S2). Seguimiento del tratamiento T: O con un promedio de **Fig. S2.** Comportamiento antagonista de *Colletotrichum* spp bajo tratamientos T: O (Oxicloruro de cobre), T: N (Nistatina) y T: T (*Trichoderma* sp) en concentración de 1:10 y 1:20.

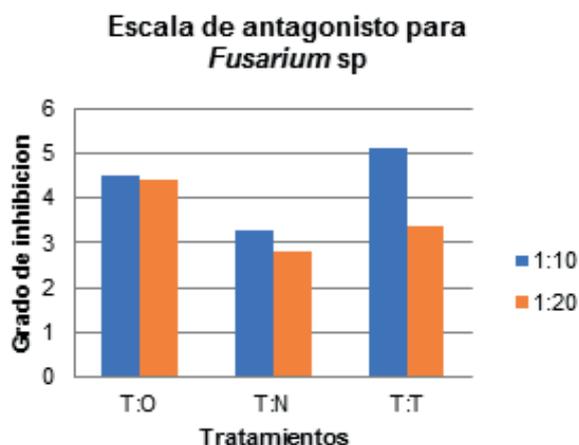


**Tabla 2.** Análisis de varianza según la distribución F (Fischer) para evaluar diferencias significativas entre los tratamientos antagonistas contra *Collectotrichum sp* y *Fusarium sp*.

Origen de las variaciones	SM	GL	MC	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>TRATAMIENTOS</b>	12,26968783	5	2,453937566	5,39782173	0,043956775	5,050329058
<b>HONGOS EVALUADOS</b>	3,10178855	1	3,10178855	6,82287188	0,047551173	6,607890974
<b>ERROR</b>	2,273081338	5	0,454616268			
<b>TOTAL</b>	17,64455772	11				

0.95 cm representando el  $3.35^{\circ} < 4^{\circ}$  con una capacidad antagonista de invasión total de la superficie de la colonia del hongo patógeno. Por otro lado, la concentración 1:20 de los tratamientos presentó el mismo comportamiento destacando el tratamiento T:T con un porcentaje de inhibición del  $2.38^{\circ} < 4^{\circ}$ , es decir, que solo hubo una invasión de  $\frac{1}{2}$  por parte del *Trichoderma harzianum* en la superficie de la colonia de *Collectotrichum sp*, comportamiento similar que mostró el tratamiento T:O con un porcentaje final de  $1.95^{\circ} < 4^{\circ}$ , mientras que el tratamiento T:N el  $1.85^{\circ} < 4^{\circ}$  mostro una invasión de  $\frac{1}{4}$  de la superficie de la colonia del patógeno.

Los comportamientos son similares para las pruebas antagonistas contra *Fusarium sp*, el tratamiento más eficiente se sigue evidenciando con T:T en una concentración de 1:10 produciendo una invasión eficiente mayor a  $4^{\circ}$  de acuerdo con la escala de antagonismo; con un promedio de 1.45 cm de halo de inhibición que representa  $5.12^{\circ}$ , la eficacia de T:O ante este patógeno fue de 1.27 cm con una escala antagonista de  $4.5^{\circ}$ , es decir, que para los tratamientos T:O y T:T la Invasión fue en su totalidad eficiente en superficie repeliendo la colonia del hongo patógeno; en menor eficiencia se evidencia el tratamiento T:N para combatir *Fusarium* con  $3.27^{\circ}$  (Fig. S3). De acuerdo a las pruebas antagonistas con una concentración mayor de 1:20 para *Fusarium*, se evidenció que el comportamiento varía de acuerdo al tratamiento puesto que hubo mayor eficiencia con T:O que con **Fig. S2.** Comportamiento antagonista de *Collectotrichum spp* bajo tratamientos T: O (Oxicloruro de cobre), T: N (Nistatina) y T: T (*Trichoderma sp*) en concentración de 1:10 y 1:20.



T:T como se ha observado en los análisis anteriores, para este caso el tratamiento T:O tuvo una eficiencia de  $4.42^{\circ}$  mientras el  $3.35^{\circ}$  de eficiencia se mostró para el tratamiento TT y, finalmente el comportamiento de T:N sigue siendo menor a los demás tratamientos con  $2.83^{\circ}$ .

De acuerdo con el análisis estadístico (ANOVA) y al evaluar los tratamientos para antagonismo de Fitopatógenos del cultivo de la mora se evidencia que los tratamientos evaluados contra los patógenos a combatir presentan diferencia en el valor ya que la distribución F es mayor al punto crítico del valor F ( $5.39 > 5.05$ ) por lo tanto se concluye que hay una diferencia significativa de  $\pm 0.34$  con un grado de significancia del 0.05%, de acuerdo a los comportamientos de los hongos ante los tratamientos se observó de igual manera que la distribución del valor F es mayor al punto crítico de F ( $6.82 > 6.60$ ) con una diferencia de  $\pm 0.22$  con confiabilidad del 95% (Tabla 2).

De acuerdo con los resultados, se rechaza la hipótesis nula en que los efectos de tratamientos ( $\beta$ ) son todos iguales ( $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ ) por ende se acepta la hipótesis alterna ( $H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ ) y se concluye que hay al menos un efecto de tratamiento que es diferente a los demás y que genera control biológico contra los patógenos antes evaluados.

### DISCUSIÓN

La caracterización de agentes causales fue realizada a partir de los signos y síntomas encontrados en campo además de las características morfológicas encontradas en la fase de laboratorio y corroboradas con literatura.

*Phoma sp*, de acuerdo con Molina (2010) (15) se observa en la parte más joven de la planta, presenta síntomas de manchas pequeñas en las hojas de coloración café oscuro a negro y que pueden desarrollar anillos concéntricos conforme van creciendo. Asimismo, morfológicamente se identifican las picnidiosporas hialinas, de forma cilíndrica, redondeadas en los extremos, con un septo truncado en su centro, y micelio delgado enredado (gonosporas) (16). Dicha descripción coincide con la caracterización realizada. Así mismo, la incidencia y severidad encontrada para esta enfermedad no es significativa en la productividad de mora.

*Curvularia sp* no presentó una severidad e incidencia significativa que genere un daño económico; según la INIAP (s.f) (17) aparece como un distintivo mosaico

amarillo y verde con un patrón típico que se extiende desde la punta de la hoja hacia abajo. Las hojas eventualmente se encojen y cambian a un color gris. A su vez, Forbes, Sahm, Weissfeld, & Trevino (2002) (18) indican que las macroconidias tienen entre cuatro a cinco células separadas por tabiques transversales de modo simpodial de dos conidióforos curvos. Las células centrales crecen rápidamente, son más grandes en los extremos, su aspecto es característico ya que es curvo o bumerán.

*Puccinia sp* es el agente causal de la roya (19). De acuerdo con Agrios (2011) (20) es un parásito obligado, que presenta uredosporas de color anaranjado claro, de forma generalmente piriforme, con un engrosamiento en la parte apical de la pared, característico de la especie. Con respecto a la incidencia y severidad presentada se concluye que no es significativa dentro de la actividad productiva del cultivo.

Según el ICA (2011) (3) *Peronospora sp.* es el agente causal del mildew veloso evidenciando lesiones irregulares de color blanco con crecimiento de vellosidades de color blanco o gris claro, y los frutos también se veían afectados cuanto a la maduración desigual. Asimismo, el hongo no presenta las condiciones ambientales favorables para su desarrollo ya que se presenta principalmente en épocas lluviosas con alta humedad en el ambiente y temperaturas moderadas a bajas (3). Del mismo modo, se confirmaron los rasgos morfológicos característicos de acuerdo con Agrios (2011) (20) quien adiciona que los esporangios son de forma piriforme a fusiforme, unidos a los esporangióforos por su extremo final, tienen una pared fina y poseen una tenue papila en su zona proximal. Adicional a ello, se encontró *Phytophthora sp.*, los síntomas observados coinciden con los descritos por Medina (s.f) (21); asimismo, no se encontraron síntomas en las raíces de necrosis, lo que da indicio a que el hongo no es un agente causal primario, de acuerdo con la incidencia y severidad la cual no es significativa. La descripción morfológica coincide con la de Ares (2015) (22) quien afirma que el micelio produce esporangióforos ramificados de crecimiento indeterminado y es hialino, y los esporangios tienen formas alimonadas y papiladas.

Por otro lado, *Fusarium sp* genera un enanismo en la planta, clorosis leve de algunas hojas, la cual progresa hacia un grado moderado y finalmente una pudrición en los haces vasculares (23), en campo, no se encontró presencia de marchitamiento, y decoloración en haces vasculares, lo cual indica que hasta ahora está iniciando la enfermedad o ha tenido un control por parte del agricultor; a nivel microscópico las características morfológicas encontradas coinciden con la descripción de Ortiz & Hoyos (2012) (24). *Oidium sp* es el agente causal del mildew polvoso, de acuerdo con Boyle, Braun, & Kummer (2008) (25) contiene características únicas a nivel de microscopía estas son micelios antigénicos con apresorios lobulados, solitario o en pares opuestos, conidióforos ligeramente curvos, son hialinos y conidios simples. De la misma manera, los síntomas de esta enfermedad observados en campo fueron comparados de acuerdo con la descripción de Betancurt & García (2014) (5). La incidencia de esta enfermedad

fue del 15.6% correspondiente a síntomas iniciales de 39 plantas con una severidad del 0.32% únicamente en hojas. Estos datos deben tenerse en cuenta debido a que su incidencia puede aumentar de manera potencial, al ser un microorganismo que "presenta liberación explosiva de conidias, además de que sus brotes epidemiológicos son rápidos severos e irreversibles" (26).

Por otra parte, el ICA (2011) (3) describe que los síntomas de *Alternaria sp.* se presentan en las hojas más viejas de la planta, en donde ocurre el amarillamiento generalizado de la hoja. Del mismo modo, las lesiones son redondas, secas, de color café oscuro o negro, de bordes irregulares, con marcados anillos concéntricos rodeados de un halo clorótico. A nivel microscópico las características morfológicas coincidieron con las descripciones de Agrios (2011) (20). La incidencia de esta enfermedad fue del 18% con una severidad de 0.42% de igual forma, se recomienda realizar un seguimiento de los signos y síntomas de la enfermedad para tener un control fitosanitario a tiempo. *Botrytis sp* es el agente causal del moho gris y una de las enfermedades más importantes para el cultivo ya que interfiere directamente en la calidad del fruto reduciendo la productividad, generando un daño económico para el productor. Los datos morfológicos coinciden con los descritos por Agrios (2011) (20). De acuerdo con Betancurt & García (2014) (5) a los síntomas se manifiestan principalmente en los frutos de la planta, necrosa los pedúnculos o tallos florales afectando el cuajado de los frutos, ocasionando la momificación de los mismos. Pese a que la incidencia fue del 12.4% en frutos con una severidad del 0.64%, se debe tener en cuenta el manejo de la enfermedad para evitar disminuir la productividad del cultivo.

Finalmente, se caracterizó *Collectrochium sp* el agente causal de Antracnosis, también conocida como el palo negro o muerte descendente del tallo. Esta enfermedad favorece su crecimiento en periodos lluviosos y altas humedades relativas (27). Los síntomas observados coinciden con los datos del DANE (2013) (4). Al igual que con las características morfológicas descritas por Perez, Saquero, & Beltran (2003) (27) afirmando que los conidios pueden ser cilíndricos, ovoides y encorvados en forma de acervolas; su citoplasma es uniforme, observándose que algunas de ellas presentan vacuolas de gran tamaño. Esta enfermedad representa mayor incidencia (34.8%) y severidad (12.14%) afectado de manera notoria la producción. Sin embargo, se ha venido manejando a través del control químico.

El *Trichoderma sp.* es empleado como control biológico; se ha reportado como hiperparásito de hongos fitopatógenos al atacar directamente y producir una lisis la cual afecta al micelio y los esclerocios. Además, el parasitismo ocurre mediante la penetración, engrosamiento de las hifas, producción de haustorios y la desorganización del contenido celular. Este control se ha implementado como una alternativa tecnológica eficiente económica y productivamente siendo un fungicida biológico de alta calidad que contribuye al ambiente (28).

## CONCLUSIONES

Se identificaron los agentes causales de las enfermedades presentes en el cultivo de mora a partir de los signos y síntomas, teniendo en cuenta el diagnóstico por cámara húmeda e impronta directa; observando como agentes causales *Phoma sp.*, *Curvularia sp.*, *Puccinia sp.*, *Phytophthora sp.*, *Fusarium sp.*, *Botrytis sp.*, *Peronospora sp.*, *Oidium sp.*, *Alternaria sp.*, y *Colletotrichum sp.*

La enfermedad que presenta mayor incidencia en el cultivo de mora es Antracnosis o palo negro (*Colletotrichum sp.*) con un 34,8%; debido a que se presentaron bastantes lluvias para la época de estudio por lo que favorece al desarrollo del patógeno en ciclos cortos.

El control más efectivo contra *Fusarium sp.* y *Collectotricum sp.* corresponde al tratamiento T:T, es decir el uso de *Trichoderma harzianum* como controlador biológico en concentración 1:10 siendo más efectivo respecto a los tratamientos químicos. Para que la finca El manantial tenga una producción sustentable se recomienda aplicar productos biológicos como *Trichoderma harzianum*, ya que este tiene como propósito la prevención y la reducción de los impactos ambientales, incentivando y facilitando el aumento de la competitividad y el desempeño ambiental, de tal manera que los aspectos de la productividad y la rentabilidad económica se relacionen estrechamente con la distribución de los beneficios, la calidad de vida y sea amigable con el medio ambiente.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la finca El manantial por permitir realizar el estudio fitopatológico en sus instalaciones y al señor José Toro por prestar su asesoría acerca del cultivo.

Agradecemos también, al señor Daniel Cubillos por suministrar la cepa de *Trichoderma harzianum* para realizar las pruebas de antagonismo además de ser guía durante la investigación.

## REFERENCIAS

1. Forero de la Rotta, M. C., & Muñoz, H. Enfermedades de la mora castilla. Boletín de Sanidad Vegetal N° 23. Instituto Colombiano Agropecuario ICA, 36. Colombia: Bogotá, Produmedios. (2001).
2. Leiva, C., & Nieto, F. Manejo fitosanitario del cultivo de mora (*Rubus glaucus*). Colombia: Bogotá, Produmedios; 2011. 32 p. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/b7e061eb-ebd3-4f80-9518-c771712405eb/>
3. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Manejo fitosanitario del cultivo de la mora - Medidas para la temporada invernal. Colombia: Bogotá, Produmedios; 2011. 32 p. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/b7e061eb-ebd3-4f80-9518-c771712405eb/>
4. DANE. El cultivo de la mora de Castilla (*Rubus glaucus*) frutal de clima frío moderado, con propiedades curativas para la salud humana. 2013. Recuperado

de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos\\_factores\\_de\\_produccion\\_nov\\_2013.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf)

5. Betancurt, E., & Garcia, E. Manual técnico del cultivo de mora bajo buenas prácticas agrícolas. Colombia: Medellín; 2014
6. Franco, G., & Giraldo, J. El cultivo de la mora. CORPOICA; 1998. 130 P.
7. El campesino. La fruta famosa: la mora. El campesino; 2016. Recuperado de <http://www.elcampesino.co/cultivo-de-mora/>
8. Osorio, G. Agricultura sustentable. Una alternativa de alto rendimiento. Ciencia UANL 2008; 77:81-XI. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/402/40211113.pdf>
9. Arauz, L. Fitopatología: un enfoque agroecológico. Costa Rica: Universidad de Costa Rica; 1998. 461 p. Recuperado de
10. Infante, D., Martínez, B., González, N., & Reyes, Y. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Scielo 2009 14:21-24.
11. Ezziyiani, M., Pérez, C., Sid, A., Requena, M., & Candela, E. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). Anales de Biología 2004 35:45-26.
12. Municipio La Vega (Cund). Ubicación de las veredas de La Vega, Cundinamarca. 2017. Recuperado de <http://www.lavega-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
13. Alcaldía de Facatativá, Cundinamarca. Información general. 2017. Recuperado de [http://www.facatativa-cundinamarca.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.facatativa-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml)
14. Veneros, R., & Rodríguez, M. Control biológico de *Trichoderma harzianum* RIFAI sobre hongos patógenos de frutos postcosecha de Carica papaya procedente de del distrito trujillo (Perú). REBIOL 2011, 31. Recuperado de [http://www.facbio.unitru.edu.pe/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=102&Itemid=149](http://www.facbio.unitru.edu.pe/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=102&Itemid=149)
15. Molina, J. Aislamiento y caracterización de hongos patógenos presentes en lulo, tomate de árbol y mora castilla potencialmente patógenos para cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* var. *edulis* Sims) [Tesis de grado]. Colombia: Bogotá; Pontificia Universidad Javeriana. 2010.
16. Wiin, W., Allen, S., Jandan, W., Woods, G., Koneman, E., Procop, G., & Schreckenberger, P. Diagnóstico Microbiológico. 6ª Ed. Colombia: Bogotá; Panamericana. 2008. 1696 p.
17. INIAP. (s.f). Manejo enfermedades. Recuperado el 12 de octubre de 2017, de [http://sinagap.agricultura.gob.ec/infoproduccion/maiz/images/manejo\\_cultivo/curvularia.pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/infoproduccion/maiz/images/manejo_cultivo/curvularia.pdf)

*Caracterización de agentes causales de enfermedades en el cultivo de mora (Rubus glaucus) en la finca manantial en la vereda sabaneta, municipio de La Vega, Cundinamarca*

18. Forbes, B., Sahm, D., Weissfeld, A., & Trevino, E. Diagnóstico microbiológico. Argentina: Buenos Aires; Médica Panamericana. 2002. 1160 p.

19. Daniele, G. Royas y carbones. Argentina: Córdoba. 2012. 43 p.

20. Agrios, G. Fitopatología. Limusa. 2011.

21. Medina, Y. (s.f.). Phytophthora: Características, diagnóstico y daños que provoca en algunos cultivos tropicales. Medidas de control. Recuperado el 12 de octubre de 2017, de <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1060/cuf0022s.pdf>

22. Ares, A. J. Plantas leñosas ornamentales: control de enfermedades producidas por hongos y cromistas. España: Madrid; Mundi-prensa. 2015.

23. Castellanos, P., Botero, R., & Castrillon, C. Manejo integrado de enfermedades y plagas en Mora y tutores vivos en un sistema agroforestal. Colombia: Manizales; CORPOICA. 2003. 22 p.

24. Ortiz, E., & Hoyos, L. (2012). Descripción de la sintomatología asociada a fusariosis y comparación con otras enfermedades en gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) en la región del Sumapaz (Colombia). Revista colombiana de ciencias hortícolas, 6(1), 110-116.

25. Boyle, H., Braun, U., & Kummer, V. Taxonomy, host range and distribution of some powdery mildew fungi. *Schlechtendalia* 2008.

26. Bayer CropScience. (s.f.). Mildeo Polvoso.

27. Perez, L., Saquero, M., & Beltran, J. Caracterización morfológica y patogénica de *Colletotrichum* sp. como agente causal de la antracnosis en ñame *Dioscorea* sp. Revista colombiana de Biotecnología 2003 24:35-41.

28. Guerra, E. Desarrollo Sustentable. (s.f.). Recuperado de [http://www.academia.edu/19676604/DESARROLLO\\_SUSTENTABLE](http://www.academia.edu/19676604/DESARROLLO_SUSTENTABLE)

# Evaluación de la calidad del agua empleando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados acuáticos en el Río Batán Cundinamarca entre julio y agosto de 2017

Jack Fran García-Perez<sup>1</sup>, Nelson Enrique Arenas<sup>2</sup>, Diego Andrés Abril<sup>2</sup>, José Nicolás López<sup>1</sup>, Daniela Pachón<sup>1</sup> y Vilma Moreno-Melo<sup>2</sup>

## Resumen

En el presente estudio, se determinó la calidad del agua del Río Batán localizado en el área rural del municipio de Fusagasugá, Cundinamarca. Se evaluaron nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos contemplados en la resolución 2115 de 2007 para establecer el índice de calidad de agua (ICA NSF). Se definieron cuatro estaciones de muestreo en el río donde se recolectaron macroinvertebrados acuáticos para evaluar la calidad de agua según el método BMWP adaptado para Colombia. Los resultados obtenidos evidenciaron un ensamble de macroinvertebrados poco diferenciado taxonómicamente entre las estaciones y los periodos evaluados de julio y agosto de 2017, en donde las aguas del Río Batán presentan niveles medios a moderados de contaminación y por tanto su uso se debe restringir para el consumo humano o animal, y, alternativamente ser utilizado para regar cultivos.

**Palabras clave:** Calidad de agua, BMWP, macroinvertebrados acuáticos, Río Batán

## Abstract

In this study, the water quality was determined in the river Batán located in the rural area of Fusagasugá municipality at Cundinamarca. Nine physicochemical and microbiological parameters assessed in the 2115 from 2007 resolution were evaluated setting the Water Quality Index (NSF WQI). Therefore, four sampling stations were defined in the river in which aquatic macroinvertebrates were collected to evaluate the water quality according to the BMWP methodology adapted for Colombia. The results obtained showed an assemblage of macroinvertebrates with few taxonomically differentiated between the sampling stations and the evaluated periods of July and August of 2017, where the waters of the river Batán present medium to moderate levels of contamination and therefore its use must be restricted for human or animal consumption and alternatively it could be used to irrigate crops.

**Key words:** Water quality, BMWP, aquatic macroinvertebrates, Batán river.

## Introducción

Las actividades agropecuarias requieren del uso directo del agua que pueden ser abastecidas por diferentes fuentes como ríos, lagos, nacimientos, lluvias, otros disponibles en el entorno natural. En la actualidad la disponibilidad del recurso hídrico se encuentra influenciada por diversas actividades antrópicas que se han exacerbado recientemente en fenómenos naturales como el cambio climático y el efecto invernadero (1, 2). Así, de la forma cómo se use y aproveche el agua, dependerá la intensidad, calidad y duración de la actividad agropecuaria, fundamental para la economía, la alimentación, el desarrollo regional y otras actividades socioculturales (3-5).

El agua como recurso natural se puede considerar como el hábitat de las comunidades acuáticas que a su vez actúan como testigos del nivel de deterioro ambiental de las corrientes superficiales (6). La contaminación por el vertimiento de desechos en los cuerpos de agua aumenta

notoriamente la concentración de sustancias disueltas y partículas en suspensión, hasta el punto de alterar la fauna de macroinvertebrados, de manera que se desarrollan las especies más tolerantes y se afectan las más susceptibles (7). Debido a dicha perturbación ambiental, los organismos con exigencias concretas permiten reconocer características específicas del ambiente acuático y reciben el nombre de especies indicadoras (6,7). De tal manera, que cuando se integran los análisis del agua con el análisis de biodiversidad de macroinvertebrados se puede inferir no sólo la calidad del agua, sino el estado de "salud" del sistema, ya que estos organismos reflejan condiciones ambientales no detectables mediante los análisis fisicoquímicos, limitados a ser puntuales en el tiempo y en un sitio determinado (8). Debido a la magnitud de la problemática de contaminación de gran parte de los sistemas fluviales de Colombia y en la región de Sumapaz, se han realizado estudios que en su mayoría se enfocan hacia el impacto ambiental y la evaluación de la calidad del agua (9-11). Por lo anterior, es necesario establecer programas cuyo fin

<sup>1</sup> Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca. Girardot, Cundinamarca. Grupo Udecino de Investigación Ambiental - GUIA

<sup>2</sup> Programa de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá, Cundinamarca.

\*Autor de correspondencia

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca, Seccional Girardot, Carrera 19 # 241129, Girardot, Cundinamarca, Email: jackdroun@gmail.com

sea mejorar la calidad del agua en las fuentes hídricas y establecer el grado de contaminación ambiental.

Las cuencas hidrográficas de la región de Sumapaz se caracterizan por ser sistemas que albergan una gran diversidad que incluye el páramo y revisten gran importancia para resguardo de especies (12). En este ecosistema, la cuenca hidrográfica no sólo se forma de los ríos Sumapaz y Cuja, que abastecen de agua a 10 municipios de Cundinamarca y Tolima, entre ellos Melgar y Carmen de Apicalá. También nacen caudales como el Meta, el Ariari y el Guayabero (afuentes del río Orinoco), unas 20 lagunas y la cuenca del río Tunjuelo, de la que toman el agua dos millones de personas de cinco localidades de Bogotá (13). El área del Parque Nacional Sumapaz cubre 223.000 hectáreas que comprenden terrenos de Colombia (Huila) y de Cubarral, Acacias y La Uribe (Meta) (14). Según la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) e integrantes del Sindicato de Trabajadores Agrarios del Sumapaz, cerca de 20 mil hectáreas de terrenos del páramo han sido arrasadas por la agricultura y están en riesgo. Las autoridades ambientales han comprobado la destrucción de hasta mil hectáreas en una temporada de dos o tres meses (15), y dentro de las principales actividades se incluyen la tala de frailejones (que crecen un centímetro al año), la construcción de zanjas para el arado, el uso de fertilizantes que contaminan las fuentes de agua y las quemadas para favorecer la cosecha de arveja o habas (5, 16). Ante la perturbación de los recursos naturales, es necesario conocer su estado y los beneficios como servicios ecosistémicos a los productores agropecuarios de la región de Sumapaz. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la calidad del agua en el Río Batán, perteneciente a la cuenca del Río Sumapaz empleando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados como bioindicadores ambientales.

## Material y métodos

### Área de estudio

En la vereda de Guavio bajo y el Centro de Agroestudios Ambientales de la Universidad de Cundinamarca que se encuentran ubicados en el municipio de Fusagasugá, los habitantes de dicha área se proveen del agua del Río Batán que nace en el municipio de Pasca (Cundinamarca), donde existe una fuerte presencia agrícola y ganadera que impacta este recurso hídrico (17). Por tal motivo, la calidad del agua de este río podría representar un posible riesgo para las comunidades río abajo.

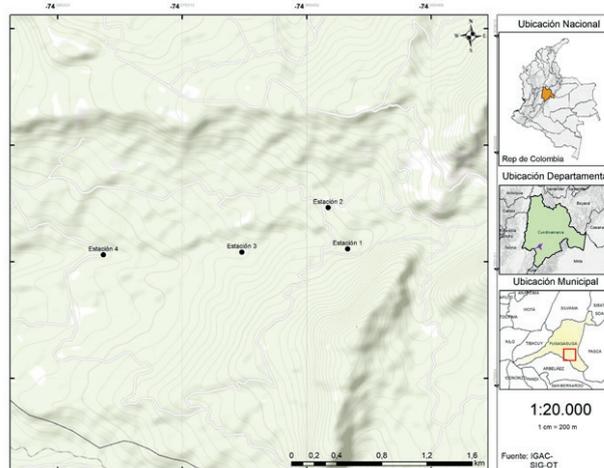
El Río Batán hace parte de la cuenca hidrográfica del Río Sumapaz, que se encuentra ubicado en la parte nororiental de la cuenca. La cuenca del Sumapaz comprende los municipios de Fusagasugá, Pasca, Silvana, Granada, Tibacuy, Arbeláez, Pandi, San Bernardo, Cabrera, Venecia, Granada, Nilo y parte de Ricaurte (17). En la Subcuenca del Río Batán, el 97% de las veredas poseen acueducto, pero a su vez también utilizan agua de nacimientos y tan solo el 3.3 toman directamente agua de río o quebrada con regular calidad. El Río Batán tiene un área de 6264 Ha, con un población de 2280 habitantes en 5 veredas y agrupadas en

401 familias. Sus afluentes más importantes son la Quebrada El Roble y la Quebrada El Suchín, que en conjunto con el Río Rute, forman el Río Negro (18).

Según el POT del Municipio de Fusagasugá, los ríos Barro Blanco, Batán, Cuja, Chocho y Guavio y sus afluentes aportantes han sido parte fundamental de la formación del relieve, no obstante sus alrededores presentan una escasa cobertura vegetal, con suelos imperfectamente a moderadamente bien drenados, afectados por erosión laminar, debido a la falta de control de las aguas en las tierras de posiciones superiores y a la ausencia de una cobertura vegetal bien establecida (19). Los bosques pertenecen a una clasificación bioclimática que va desde Bosque húmedo subtropical (bh-ST): Cobertura vegetal: caña brava, dormidera, carboneros, sauces, chágualo, cedros, cedrillo, nogal cafetero, hasta Bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST): Cobertura vegetal: balsa, guamo, caucho, guadua, drago, pategallina, amarillos, pate vaca (19, 20).

En el Río Batán se delimitaron 4 estaciones de estudio (Figura 1) evaluadas en los meses de julio y agosto de 2017 y su localización corresponde a: estación 1 en la bocatoma (N 4° 17' 10,3"; O 74° 21' 43,7" y 1.770 m.s.n.m.), estación 2 en el puente Guavio Alto (N 4° 17' 22,2"; O 74° 21' 49,3" y 1.737 m.s.n.m.), estación 3 entre puentes del sector (N 4° 17' 9,4"; O 74° 22' 14,0" y 1.654 m.s.n.m.) y la estación 4 en el puente Guavio Bajo (N 4° 17' 8,6"; O 74° 22' 53,7" y 1.538 m.s.n.m.). Todas las estaciones se categorizan en la zona de vida de bosque húmedo subtropical y en cada estación se tomaron muestras de agua siguiendo el protocolo de monitoreo y seguimiento del agua para Colombia (21).

Figura 1. Estaciones de estudio localizadas en el Río Batán



### Parámetros fisicoquímicos del agua

En cada estación se tomaron muestras in situ de variables físicas como la temperatura del agua (termómetro) y pH (potenciómetro). Se tomaron también muestras de agua las cuales fueron transportadas en frascos estériles con capacidad de 1 L y refrigerados a 4 °C. Se determinaron las siguientes variables químicas y microbiológicas: bicar-

bonatos (mg CaCO<sub>2</sub>/L), oxígeno disuelto (mg/L), turbidez (UNT), sólidos suspendidos (mg/L), Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L), sólidos totales (mg/L), nitratos (mg NO<sub>3</sub>/L), cloruros (mg Cl<sup>-</sup>/L), sulfatos (mg SO<sub>4</sub>/L), fosfatos (mg PO<sub>4</sub>/L), recuento de coliformes fecales y totales y recuento de heterótrofos (UFC/100 mL), en el laboratorio de aguas Laserex de la Universidad del Tolima. Con los parámetros fisicoquímicos se determinó el Índice de Calidad del Agua (ICA NSF) (22), en los periodos de julio y agosto de 2017. Los resultados son presentados como medias, porcentajes e intervalos de las variables obtenidas en campo y resultados de laboratorio. Los parámetros para definir la calidad y potabilidad del agua se definieron según la resolución 2115 del 2007 del Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características fisicoquímicas y microbiológicas que tienen implicaciones sobre la salud humana evaluadas en el río Batán. UNT: unidad nefelométrica de turbidez, UFC: unidades formadoras de colonias, vis: espectro visible, UV: espectro ultravioleta, Nd: No definido

Elementos, compuestos y/o mezclas de químicos	Unidades	Método analítico	Valor máximo o rango aceptable
pH	0-14	Potenciométrico/pHmétrico	Entre 6,5 y 9,0.
Temperatura	°C	Termométrico	Nd
Bicarbonatos	mg Ca-CO <sub>2</sub> /L	Electrodo sensitivo/Neutralización	Entre 20 y 200 mg
Oxígeno disuelto	mg/L	Potenciométrico/oxímetro	Entre 4-5 mg
Saturación de oxígeno	%	Potenciométrico/oxímetro	>70 %
Turbidez	UNT	Espectrofotométrico/UV-vis	15
Sólidos suspendidos	mg/L	Espectrofotométrico/UV-vis	5,0 mg/L
DBO	mg/L	Winkler 5 días	Nd
Sólidos totales	mg/L	Gravimétrico/Evaporación	<500 mg/L
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> /L	Espectrofotométrico/UV	10 mg/L
Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> /L	Espectrofotométrico/vis	250 mg/L
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> /L	Espectrofotométrico/vis	250 mg/L
Fosfatos	mg PO <sub>4</sub> /L	Espectrofotométrico/vis	0,5 mg/L
Recuento coli fecal	UFC/100 mL	Filtración por membrana	0 UFC/100 mL
Recuento coli total	UFC/100 mL	Filtración por membrana	<2 UFC/100 mL
Recuento heterótrofos	UFC/100 mL	Nd	0 UFC/100 mL

### Colecta e identificación de macroinvertebrados

Los muestreos fueron realizados según el método BMWP para Colombia - BMWP/Col (23, 24). Las capturas de individuos se realizaron de manera selectiva y específica para este grupo de invertebrados acuáticos, empleado las técnicas de red surber, red de patada y red de mano tipo D-net (0.5 m.m de luz) tanto para las especies de superficie (neuston) como para las de la masa de agua (necton).

Todos los ejemplares fueron preservados en alcohol al 70%, en frascos previamente rotulados y con un esfuerzo de captura 1 hora por estación, de este modo para cada técnica de colecta se empleó un esfuerzo de muestreo de 1 persona/ red. El material recolectado fue determinado en el Laboratorio de Aguas de la Universidad de Cundinamarca hasta el nivel de familia y a partir de la matriz de taxones (familias) por estación se determinó la respectiva clase de calidad de agua (25). Con los datos de las abundancias se desarrollaron los índices ecológicos de diversidad, dominancia, riqueza y equidad, empleando el software Past Program versión 1.90 (26). Disponible en: <https://folk.uio.no/ohammer/past/>. Se estableció en cada estación por mes evaluado el índice de calidad de agua (ICA NSF) de acuerdo a 9 parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los análisis se realizaron con la herramienta del Centro de investigación de cuencas hídricas (Disponible en: <https://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>).

### Resultados y discusión

El agua es un recurso vital para el desarrollo de las actividades agrícolas depende del abastecimiento permanente especialmente para actividades como el riego de cultivos. Tradicionalmente, un sistema de riego busca la potabilización del agua y su reutilización para proveer el riego en las extensiones cultivadas y de esta forma optimizar su uso correspondiente. Los cambios políticos y económicos del país hacia el capitalismo ejercen una presión sobre el sector agrícola que por lo general implica el incremento en la producción (27).

La evaluación del Río Batán relacionada con la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en conjunto con la diversidad de macroinvertebrados, se realizó espacialmente en 4 estaciones de muestreo entre los meses de julio y agosto de 2017 y denominados así: Bocatoma, Puente Guavio Bajo, Entre Puentes y Puente Guavio Bajo (Tabla 2).

Entre los parámetros físicos evaluados la temperatura del agua no mostro variación y se encontró en un valor máximo entre 24,3 °C para julio y 22,9 °C para agosto. En cuanto al pH este fue básicamente neutro, con un valor máximo de 7,8 en julio y 7,5 en agosto (Tabla 3).

Estos rangos de pH se encuentran según la resolución 2115 del 2007 dentro del rango para agua potable que debe estar entre 6,5 y 9. Es importante considerar que los valores estables de pH representan un factor importante para el crecimiento de flora bacteriana como es el caso de coliformes cuya temperatura óptima a nivel ambiental esta entre los 15 y 35 °C. La norma técnica también contempla otros parámetros como fosfatos, nitratos y cloruros para considerar su potabilidad (Tabla 1). Respecto a los fosfatos no se deben encontrar valores superiores a 0,5 mg/L; no obstante en el agua del Río Batán en todos los puntos del primer y segundo muestreo este indicó valores inferiores o iguales 0,2 mg/L de fosfatos, excepto en el primer muestreo en la estación "Entre puentes".

Altos niveles de fosfatos en el agua sugieren un alto grado de eutrofización que posiblemente es influenciado por la descarga de aguas de uso doméstico (28, 29). En el caso de los nitratos, en todos los puntos de muestreo se evidencian valores por debajo de los 10 mg/L que es el límite máximo aceptable para agua potable según la normatividad colombiana. Los cloruros que se encuentran con frecuencia en altas concentraciones en diferentes fuentes de agua, en el caso del Río Batán se encontraron en rangos entre 3,0 y 4,9 mg/L en el primer muestreo y 3,5 y 5,2 mg/L en el segundo muestreo lo cual indica una calidad aceptable en este aspecto.

**Tabla 2.** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua proveniente del Río Batán tomadas en julio 2017

Parámetro	Unidades	Bocato- ma	Puente Guavio Alto	Entre Puentes	Puente Guavio Bajo
pH	0-14	7,8	7,0	7,6	7,5
Temperatura	°C	24,3	24,3	24,2	24,2
HCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>2</sub> /L	22,3	26,5	24,5	24,8
Oxígeno di- suelto	mg/L	4,2	4,0	4,1	4,2
Saturación de oxígeno	%	57,8	55,9	56,4	58,5
Turbidez	UNF	7,7	8,9	9,2	1,8
Solidos suspen- didos	mg/L	34	31	32	26
DBO	mg/L	1,2	1,8	0,6	1,5
Solidos totales	mg/L	210	100	88	76
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> /L	0,8	0,5	0,5	0,0
Cloruros	mgCl-/L	3,0	4,6	4,9	4,7
Sulfatos	mg- SO <sub>4</sub> -2/L	11,2	11,5	10,3	10,5
Fosfatos	mgPO <sub>4</sub> - 3/L	0,3	0,3	0,6	0,4
Recuento de coliformes fecales	UFC/100 mL	500	30	10	100
Recuento de coliformes totales	UFC/100 mL	91.000	60.000	10.000	10.000
Recuento de heterótrofos	UFC/100 mL	200.000	190.000	17.000	20.000

La concentración de oxígeno disuelto encontrada en el Río Batán estuvo con rangos entre 4,0-4,2 mg/L para el primer muestreo y 4,6-5,6 mg/L en el segundo muestreo. Lo cual es consistente con los niveles de saturación de oxígeno (<70 %) durante los muestreos y a la vez representa un factor limitante para la presencia de las especies. La DBO es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser degradada u oxidada y el análisis de estos valores permite considerar que el río es una fuente hídrica moderadamente contaminada (Tablas 2 y 3).

**Tabla 3.** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua proveniente del río Batán tomadas en agosto 2017. Con relación a los parámetros microbiológicos se detec-

Parámetro	Unidades	Bocato- ma	Puente Guavio Alto	Entre Puentes	Puente Guavio Bajo
pH	0-14	7,4	7,4	7,3	7,5
Temperatura	°C	22,3	22,3	22,5	22,9
HCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>2</sub> /L	21	22,6	22	23,6
Oxígeno disuelto	mg/L	4,9	5,2	5,6	4,5
Saturación de oxígeno	%	64,5	68,6	74	60,9
Turbidez	UNF	3,6	4,5	5,8	4,7
Solidos sus- pendidos	mg/L	25	26	27	25
DBO	mg/L	3,1	5,2	3,7	2,8
Solidos totales	mg/L	64	62	68	76
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> /L	0,9	1,0	0,2	2,1
Cloruros	mgCl-/L	3,5	4,6	3,7	5,2
Sulfatos	mg- SO <sub>4</sub> -2/L	11,8	23,8	31,3	23,3
Fosfatos	mgPO <sub>4</sub> - 3/L	0,4	0,4	0,5	0,4
Recuento de coliformes fecales	UFC/100 mL	0	0	1	2
Recuento de coliformes totales	UFC/100 mL	300.000	500.000	900.000	900.000
Recuento de heterótrofos	UFC/100 mL	700.000	900.000	1'000.000	500.000

tó una alta presencia de coliformes totales especialmente el segundo muestreo cuyo rango estuvo entre 300.000 y 900.000 UFC/100mL. Los anteriores hallazgos podrían ser debido al alto contenido de materia orgánica procedente de sistemas productivos agropecuarios o biomasa degradada presente en la zona. Adicionalmente, la calidad del agua del Río Batán solo podría usarse eventualmente para riego y no para abastecimiento humano o animal dado que la presencia de este grupo de bacterias está relacionada con la descarga de aguas residuales a los cuerpos de agua (9, 10, 29). En este sentido la principal fuente de contaminación de los ríos son las aguas residuales de los pueblos y ciudades que no reciben un tratamiento antes de ser vertidas a estos (30). La carga contaminante de materia orgánica producto de las aguas residuales tanto urbana como vertimientos del sector rural sin ningún pretratamiento generan contaminación microbiológica al agua (31). Bajo el contexto expresado, resulta preciso que las entidades territoriales adelanten acciones de conservación y protección, debido a que este río representa un afluente que recibe considerables descargas en el departamento de Cundinamarca (32).

Con relación a los macroinvertebrados acuáticos se recolectaron 595 individuos en el muestreo de julio representados 8 órdenes y 15 familias (Tabla 4). La familia Baetidae fue la más abundante en las diferentes estaciones durante el primer muestreo, este grupo suele vivir en aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas, y adheridos a vegetación sumergida. La familia Baetidae presenta una puntuación de 7 según el índice BMWP/Col por lo cual son

indicadores de una calidad media de agua o aguas ligeramente contaminadas. En el caso de la familia Simuliidae también fueron representativos en la comunidad de este río, dentro de sus estadios las pupas viven en corrientes fuertemente adheridas al sustrato y al presentar un valor BMWP/Col de 8, la presencia de esta familia indica que son organismos poco tolerantes a la contaminación orgánica (24, 33).

**Tabla 4.** Abundancia de órdenes y familias de macroinvertebrados acuáticos para las estaciones de muestreo en

Orden	Familias	Estaciones			
		Boca-toma	Puente Guavio Alto	Entre Puentes	Puente Guavio Bajo
Ephemeroptera	Baetidae	46	127	66	5
Diptera	Blephariceridae	0	0	2	1
Odonata	Calopterygidae	1	0	0	0
Diptera	Chironomidae	2	0	5	0
Megaloptera	Corydalidae	0	2	1	0
Coleoptera	Elmidae	2	0	2	0
Trichoptera	Helicopsychidae	4	5	20	38
Trichoptera	Hydrobiosidae	0	0	0	6
Trichoptera	Hydropsychidae	12	9	1	2
Ephemeroptera	Leptohyphidae	3	3	2	26
Odonata	Libellulidae	0	0	0	1
Mesogastropoda	Physidae	0	0	0	1
Platyhelminthes	Planariidae	1	0	12	0
Trichoptera	Polycentropodidae	1	0	0	0
Odonata	Ninfa	0	1	0	0
Diptera	Simuliidae	6	41	75	63
Total		78	188	186	143

el Río Batán para julio de 2017

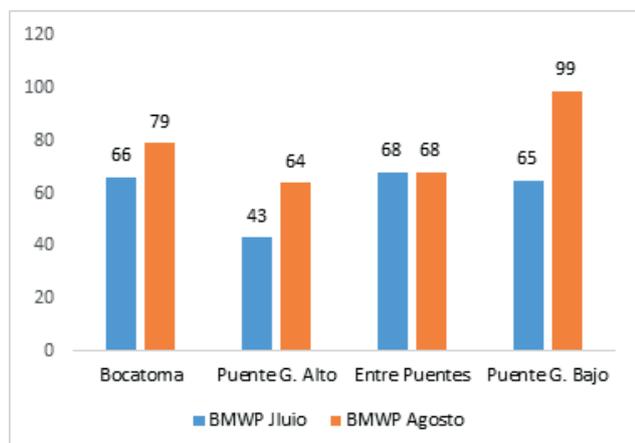
En el muestreo de agosto se recolectaron 1474 individuos distribuidos en 7 órdenes, 20 familias (Tabla 5). En este periodo de agosto fue abundante Helicopsychidae, este grupo se establece en aguas de poca corriente y en orillas de lagos adheridos a rocas y presentan un puntaje BMWP/Col de 8, por lo cual son indicadores de buena calidad del agua al ser sensibles a la contaminación orgánica. Otra familia representativa fue Blepharoceridae, estos viven preferencialmente en aguas lóxicas, sobre rocas y cascadas y su puntaje según el BMWP/Col es de 10 lo cual son indicadores de buena calidad del agua y altamente sensibles a cambios que puedan presentarse en la misma (24).

**Tabla 5.** Abundancia de órdenes y familias de macroinvertebrados acuáticos para las cuatro estaciones de estudio en el río Batán para agosto de 2017

Orden	Familias	Estaciones			
		Boca-toma	Puente Guavio Alto	Entre Puentes	Puente Guavio Bajo
Glossiphoniiformes	Annelida	2	0	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	9	21	0	44
Diptera	Blephariceridae	13	35	32	4
Diptera	Chironomidae	1	5	0	11
Megaloptera	Corydalidae	7	1	0	0
Tricladida	Dugesidae	2	0	0	0
Coleoptera	Dytiscidae	0	0	21	0
Coleoptera	Elmidae	0	0	4	4
Coleoptera	Gyrinidae	0	0	1	0
Trichoptera	Helicopsychidae	47	44	132	142
Trichoptera	Hydrobiosidae	0	0	0	2
Trichoptera	Hydropsychidae	10	23	0	1
Ephemeroptera	Leptohyphidae	16	116	81	27
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	21	10	48	39
Odonata	Libellulidae	0	0	0	1
Diptera	Muscidae	0	0	1	0
Mesogastropoda	Physidae	0	0	0	2
Trichoptera	Polycentropodidae	8	4	0	7
Coleoptera	Psephenidae	0	0	0	1
Odonata	Ninfa	0	10	0	0
Diptera	Simuliidae	15	360	56	33
Total		151	629	376	318

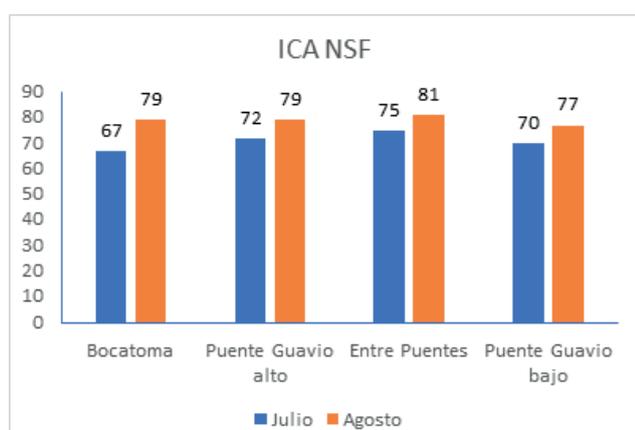
Los resultados obtenidos a partir del BMWP/Col en el Río Batán, establecen en el mes de julio valores entre 43 y 68, indicando para el valor más bajo aguas moderadamente contaminadas, clase III con calidad dudosa y los valores superiores a 60, constituyen las estaciones con aguas ligeramente contaminadas, clase II con calidad aceptable. En el mes de agosto, se registraron valores desde 64 a 99 indicando que todas las estaciones presentan aguas ligeramente contaminadas, clase II cuya calidad es aceptable (Figura 2).

**Figura 2.** Valores BMWP` Col para los meses julio y agosto 2017



Al relacionar los resultados del ICA NSF (Figura 3) y el método BMWP/Col se evidencia en general una buena calidad del agua, tanto en lo registrado por el ICA como por el método BMWP/Col, y esto es debido probablemente a la leve eutrofización que indican los niveles de fosfatos determinados en el agua. Los fosfatos en un cuerpo de agua permiten la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación y para los procesos de eutrofización, además es un componente limitante para el desarrollo de las comunidades (33). En este estudio los valores del ICA oscilan entre 67 a 81 indicando una calidad del agua media a buena. Este tipo de calidad de agua también ha sido registrada en otra fuente hídrica de clima frío como es la quebrada la Lejía principal afluente del municipio de Arbeláez Cundinamarca en los tramos Nacedero-Cerro Pan de Azúcar (2242 msnm) y Sector Tenerife (1561 msnm), registrando valores ICA de 60 y 61 para estos dos tramos (34).

**Figura 3.** Valores ICA NSF para los meses julio y agosto 2017



Con relación al componente biológico, se registró una baja riqueza (1,14-2,25 valor mínimo y máximo para julio y agosto) y una baja diversidad (0,98 - 2,11 respectivamente). Por lo tanto, al realizar una prueba de bondad de ajuste (t) (0,05) para el índice de diversidad (35), se determinó que la estación de Puente Guavio Alto presen-

ta diferencias estadísticas significativas con relación a la diversidad (Puente Guavio Alto vs Entre Puentes:  $t= 4.4$ ,  $p= 0,000014$  y Puente Guavio Alto vs Puente Guavio Bajo:  $t= 4,1$ ,  $p= 0,00005$ ) (Figura 4). La menor diversidad de macroinvertebrados acuáticos se podría asociar a una disminución del bosque de galería siendo intervenido por cultivos de café; lo cual tiene probablemente implicaciones en el ingreso de material alóctono proveniente de este tipo de cobertura. Además, la vegetación asociada a los cuerpos acuáticos podría ser funcional al generar el ingreso de materia orgánica transformada en detritus, componente que representa un sustrato para el refugio y alimentación de mucho macroinvertebrados (23).

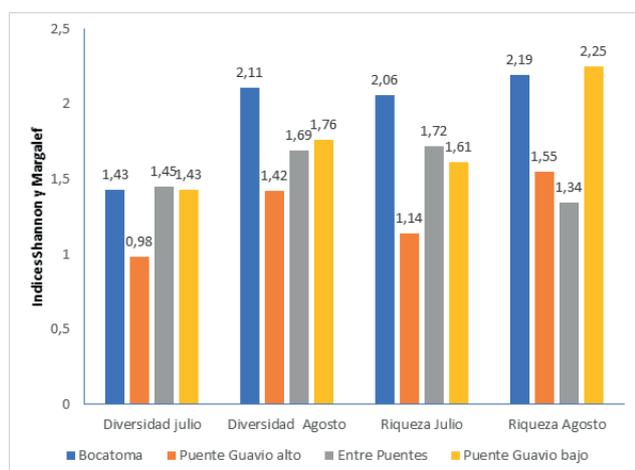
El bosque ribereño resulta vital para el establecimiento de microhábitat disponibles y la heterogeneidad de los sustratos del lecho del río y bajo este contexto descrito se puede esperar una mayor abundancia de organismos en aquellos tramos con mayor heterogeneidad del sustrato y, por el contrario, allí donde el sustrato sea uniforme o exista una mayor homogeneidad del lecho del río, la abundancia esperada será menor (36-38). La mayor diversidad de sustratos en las quebradas con bosque ribereño garantiza una mayor oferta de hábitats para los organismos que habitan en ellas (39, 40). Esta disminución de la diversidad por pérdida de coberturas es reportada en otros cuerpos de aguas de países como honduras (41), Chile (42), y en Colombia (11,43-46).

En términos generales existe una comunidad poco diferenciada taxonómicamente entre las estaciones y los periodos evaluados, con familias ampliamente registradas entre valores de contaminación moderados a ligeros del agua, siendo su calidad influenciada en gran parte por la DBO y la contaminación microbiología registrada en este río. En el Estudio Nacional del Agua del año 2010, se estableció que los vertimientos de materia orgánica biodegradable (expresados en DBO), al ser degradados por los organismos aerobios generan una reducción del oxígeno disponible en los sistemas hídricos superficiales, lo cual puede afectar el desarrollo de especies de peces que sirven como fuente de alimento. Un incremento de la DBO conlleva mayor carga bacteriana (patógenos), que produce efectos adversos en la salud de la población por consumo directo del agua o indirecto a través del consumo de alimentos cuyo riego agrícola se ha realizado con agua contaminada (47).

La política nacional sobre biodiversidad y manejo de áreas naturales (y dentro de ellos los ecosistemas acuáticos), se aprobó en noviembre de 1995 y busca establecer un marco general que oriente las estrategias tendientes a la conservación de la diversidad biológica en Colombia. Esta política se fundamenta en tres ejes principales de acción: la conservación, el conocimiento y la utilización sostenible de biodiversidad la estrategia global para la Biodiversidad y plantea que el desarrollo de estudios biológicos y ecológicos. Además, al Ministerio del medio ambiente le corresponde regular y controlar las condiciones de conservación y manejo del recurso hídrico, apoyados en esta política se hace imperativo y necesario realizar este tipo de investigaciones encaminadas a establecer un

conocimiento más detallado del flujo de nutrientes (biomasa, materia orgánica) y su influencia en los procesos ecológicos (48). De igual manera, es importante destacar que con base al estudio realizado se puede definir un uso alternativo del agua del río Batán; de modo tal, que los análisis indican que el agua no es potable y dentro del rango ICA, se hace indispensable el tratamiento de potabilización siendo utilizable en la mayoría de los cultivos (49) además, se descarta su uso en riego como incluso se realiza con aguas residuales para incrementar la producción agrícola (50, 51).

**Figura 4.** Comparación de índices de riqueza y diversidad entre las cuatro estaciones de muestreo en el río Batán comparando julio y agosto (Fusagasugá, Cundinamarca)



## Conclusión

Los análisis BMWP`Col e ICA indican que el Río Batán tiene agua con una calidad desde moderadamente contaminada a ligeramente contaminada. Los resultados de este estudio además de evaluar la calidad del agua de la subcuenca del Río Batán contribuyen al conocimiento de esta fuente hídrica y además brinda elementos de juicio a las autoridades competentes para tomar decisiones para su respectiva conservación y restauración.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación de la Universidad de Cundinamarca y Ministerio de Educación Nacional (CREE) por la financiación del proyecto titulado: "Programa: Plan estratégico para el manejo integral del agua-caso subcuenca del río batan y distrito de riego granja la esperanza y comunidad". Además, se agradece la participación activa de la comunidad de Guavio Bajo en el mencionado proyecto.

## Referencias

1. Trenberth KE, Hoar TJ. El Niño and climate change. *Geophysical Research Letters*. 1997;24(23):3057-60.
2. Yeh S-W, Kug J-S, Dewitte B, Kwon M-H, Kirtman BP, Jin F-F. El Niño in a changing climate. *Nature*. 2009;461(7263):511.

3. Turner RK, Georgiou S, Clark R, Brouwer R, Burke JJ. Economic valuation of water resources in agriculture: From the sectoral to a functional perspective of natural resource management: Food & Agriculture Org.; 2004.
4. Karr JR. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological applications*. 1991;1(1):66-84.
5. Lozano S, Ramírez JE. Diagnóstico ambiental de las fuentes hídricas superficiales en la vereda hato viejo municipio de Arbeláez, Cundinamarca. *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2017;3(1):3-7.
6. Bennett C, Owen R, Birk S, Buffagni A, Erba S, Mengin N, et al. Bringing European river quality into line: an exercise to intercalibrate macro-invertebrate classification methods. *Hydrobiologia*. 2011;667(1):31-48.
7. Alba-Tercedor J, Sánchez-Ortega A. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*. 1988;4(5):1-56.
8. Campbell IC. Biological monitoring and assessment using invertebrates. *Environmental monitoring handbook* Burden FR, McKelvie I, Föstner U, Guenther A. 2002:5.0-5.1.
9. Urrego AP, Ramírez-R JJ. Cambios diurnos de variables físicas y químicas en la zona de ritral del río Medellín, Colombia. *Caldasia*. 2000:127-41.
10. Arenas NE, Abril DA, Moreno V. Evaluación de la calidad del agua para uso agropecuario en predios ganaderos localizados en la región del Sumapaz (Cundinamarca, Colombia). *Archivos de Medicina (Manizales)*. 2017;17(2):319-25.
11. García-Pérez JF, Baquero SM, Medina G, Sarmiento C. Estudio de la calidad del agua en tramos del río Paguety empleando macroinvertebrados acuáticos. *Revista Ciencias Agropecuarias*. 2015; 1(1):1-9.
12. Cano A, Díaz F. Riquezas Naturales Nacionales. Parques, Áreas, Santuarios y reservas. *Revista la Tadeo*. 2002; 67: 167-182
13. Domínguez C. (s.f.). LA GRAN CUENCA DEL ORINOCO. Recuperado de: [http://bdigital.unal.edu.co/7322/1/LA\\_GRAN\\_CUENCA\\_DEL\\_ORINOCO.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/7322/1/LA_GRAN_CUENCA_DEL_ORINOCO.pdf)
14. MADS. 2017. INFORMACION PARA GUARDAPARQUES VOLUNTARIOS PARQUE NACIONAL NATURAL SUMAPAZ 2017. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Parques Nacionales Naturales de Colombia Dirección Territorial Orinoquia. Recuperado de <https://storage.googleapis.com/pnn-web/uploads/2014/01/Descripci%C3%B3n-PNN-Sumapaz.pdf>
15. Silva Herrera J. (05 de junio 2008I. Páramo de Sumapaz, afectado por sobrepastoreo, talas de frailejón y cultivos de papa. *Periodico el Tiempo*. Recuperado de <https://>

16. Rey C, Franco L, Castano C. Estado y Gestión de los Páramos de Colombia-Informe Nacional. Memorias Congreso Mundial de Páramos Paipa (Colombia): MMA, CAR, IDEAM, Colombia; 2002.
17. CAR. Delimitación y localización de la cuenca Sumapaz y subcuenca río alto Sumapaz. En: CAR. Diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica del río Sumapaz. Plan de Manejo y Ordenamiento de la Cuenca (POMCA) del río Sumapaz. Informe POMCA-002 UT. Bogotá DC: ed. CAR; 2016.
18. Alcaldía Municipal de Pacho. Plan Básico de Ordenamiento territorial para el municipio de Pacho. Documento Técnico. Gobierno Municipal de Pacho, Cundinamarca. 2000.
19. POT Fusagasugá. 2001. Acuerdo No 029 de 2001, Base Ideológica, Políticas Generales, Objetivos Estratégicos, Geografía y Caracterización, Geomorfología, Desarrollo Local, Desarrollo Socioeconómico, Desarrollo Regional, Usos del Suelo, Clasificación del Suelo, Zonificación, Urbanismos, Servicios Públicos, Sistema Vial y Transporte, Patrimonio Cultural, espacio Público, Equipamientos, obras Publicas e Infraestructura, Ocupación y Manejo. Recuperado de [http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/F/fusagasuga\\_-\\_cundinamarca\\_-\\_pot\\_-\\_acuerdo\\_029\\_de\\_2001/fusagasuga\\_-\\_cundinamarca\\_-\\_pot\\_-\\_acuerdo\\_029\\_de\\_2001.asp](http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/F/fusagasuga_-_cundinamarca_-_pot_-_acuerdo_029_de_2001/fusagasuga_-_cundinamarca_-_pot_-_acuerdo_029_de_2001.asp).
20. Holdridge, L. Ecología Basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. San José de Costa Rica. 1996. 225
21. IDEAM. Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, D.C.162.
22. Dede O., O., Telci, I. & Aral, M. The Use of Water Quality Index Models for the Evaluation of Surface Water Quality: A Case Study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey;. Water Quality, Exposure and Health: 2013; 5(1): 45-56.
23. Roldán-Pérez G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 2016;40(155):254-74.
24. Roldán-Pérez G. Desarrollo de la limnología en Colombia: cuatro décadas de avances progresivos. Actualidades Biológicas. 2009;31(91):227-37.
25. Roldán-Pérez G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Contrato Interadministrativo No. 206 de 2012. CAR. Bogotá. D.C. 2012. 148.
26. Hammer O, D.A.T. Harper, P.D. Ryan. PAST. Paleontological Statistics Software pack age for education and data analysis. Palaeontologia Electronica. 2001. 4(1): 9
27. Soto Mora C. La agricultura comercial de los distritos de riego en México y su impacto en el desarrollo agrícola. Investigaciones geográficas. 2003 (50):173-95.
28. Vásquez C, Ariza A, Pinilla G. Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. Universitas Scientiarum. 2006;11(2):61-75.
29. De Navia SL, Torres SM. Calidad sanitaria del agua del Parque Natural Chicaque. Nova. 2013;11(20):45-51.
30. Xu M, Wang Z, Duan X, Pan B. Effects of pollution on macroinvertebrates and wáter quality bio-assessment. Hydrobiologia. 2011;729,247-259.
31. Miranda RD, Ramírez W, Castilla A. Microbiological of the quality of water of the algodonal river in the section between the municipalities of Ábrego and Ocaña, North of Santander. Revista Ingenio UFPSO. 2016;11:189-200.
32. Estupiñán-Torres SM, Avila-De Navia SL. Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. Revista NOVA. 2016;8(14):206-12.
33. Roldán G. Bioindicacion de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Colombia. Primera edición, Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 2003.
34. Pinzón-Rodríguez LP, Reyes Baquero C. Estudio de los componentes socioeconómicos y la calidad del agua de la quebrada La Lejía (Arbeláez, Cundinamarca, 2018). Trabajo de pregrado, Programa Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca. Girardot. 115p.
35. Magurran AE. Diversidad ecológica y su medición. Vendra, Córcega. Princeton, Nueva Jersey, EEUU, 1988.
36. Segnini S. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Ecotropico. 2003;16(2):45-63.
37. Arango MC, Álvarez LF, Arango GA, Torres OE, Monsalve A. 2008. Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia. Revista EIA. 9:121-141.
38. Mosquera-Murillo Z., Mosquera-Mosquera MM. Diversidad de la entomofauna acuática y calidad de agua en quebradas del río San Juan. Chocó, Colombia. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 2017; 20(1):149-61.
39. Sovell L, Vondracek A, Frost K, Mumford G. Impacts of rotational grazing and riparian buffers on physicochemical and biological characteristics of southeastern Minnesota, USA, streams. Environmental Management 2000; 26(6):629-641.
40. Chará J. Manual de evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas. 2 ed. 2004. Santiago de Cali, CO, Fundación CIPAV. 72 p.
41. Arcos I. Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras: Tesis: Programa de Educación para el Desarrollo y la Conser-

vación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica, 2005.

42. Guevara-Cardona G, Jara C, Mercado M, Elliott S. Comparación del macrozoobentos presente en arroyos con diferente tipo de vegetación ribereña en la reserva costera valdiviana, sur de Chile. Asociación Colombiana de Limnología "Neolimnos". 2006;1:98-105.

43. Meza AM, Rubio J. Composición y estructura trófica de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. Tesis: Programa de Biología, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia, 2010.

44. Chará JG, Pedraza L, Giraldo D, Hincapié. Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia. Agroforestería en la Américas. 2007;45:72-8.

45. González SM, Ramírez P, Meza AM, Días LG. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural. 2012;16(2):135-48.

46. Montoya Y, Acosta Y, Zuluaga E. Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT. Caldasia. 2011; 33(1)193-210.

47. IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C., 2010.

48. Forero-Céspedes AM, Reinoso-Flórez G, Gutiérrez C. Evaluación de la calidad del agua del río Opia (Tolima, Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Caldasia. 2013;35(2):371-87.

49. Dinius SH. Design of a Water Quality Index. W.R. Bulletin, 1987; 23,(5): 833-43.

50. Botero L, Zambrano J, Oliveros C, León D, Sarcos M, Martínez M. Calidad microbiológica del agua de un sistema de lagunas de estabilización a ser empleada en irrigación. Revista de la Facultad de Agronomía. 2002;19(4):312-23.

51. Veliz LE, Llanes-Ocaña JG, Fernández AL, Bataller VM. Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. Revista CENIC Ciencias Biológicas. 2009; 40(1):35-44.

---

# Una historia ambiental de Fusagasugá

Félix Raúl Martínez Cleves<sup>1</sup>

---

**<sup>1</sup> Profesor Asociado de la Universidad del Tolima. Coordinador del Grupo de Investigación Ibanasca. Ibagué, Tolima.**

## Resumen

Joseph Rykwert consideró hace ya un tiempo la “pobreza del discurso urbanístico”, con lo cual buscaba hacer referencia a las limitaciones conceptuales producto de la terminología impuesta desde el siglo XIX, al limitar la ciudad a un conjunto de edificaciones. Lo físico opacó lo psicológico del espacio, lo cultural, lo jurídico, lo religioso, en razón de que a lo económico no le concierne, sostiene Rykwert. Se atienden entonces los problemas “inmediatos”, omitiéndose lo simbólico que persiste en cada uno los habitantes de las urbes, mientras estos individuos quedan convertidos en diagramas para rutas de autobuses o futuras avenidas, insiste Rykwert (1).

Por esa razón, el presente documento toma un hogar particular, Fusagasugá. Allí, procuro observar cómo la figura paterna se impone en el ordenamiento del territorio donde se ubica la población, en la trama y el tejido urbano. Sosteniendo la hipótesis de que la ciudad se ha construido, desde su génesis, en un marco de persecución, de un estar tras la mujer, que se esconde en un cerro ubicado en el occidente. Ella representa no sólo las mujeres en sí mismas, sino la naturaleza. Las ciudades son en cuanto siguen, persiguen y están, tras Otro que no logran alcanzar, pero sobre el cual se impone formas de planificación por parte de la figura paterna.

## Referencia

1. Rykwert, J. (1988): The idea of town. The anthropology of urban form in Roma, Italy and the ancient world. Princeton, New Jersey, Princeton University Press

## Pagos por servicios ambientales

Juan Carlos Tapias Duarte<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Área Post-gradados Universidad de Cundinamarca. Maestría en Ciencias Ambientales. Programa de ingeniería agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Grupo de investigación AOSS. Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá, Cundinamarca

### Resumen

Los Pagos por Servicios Ambientales o PSA como se conocen por sus siglas, son según Wunder (2006) una transacción voluntaria donde un servicio ambiental (SA) bien definido o un uso de la tierra que aseguraría ese servicio es comprado por al menos un comprador de SA a por lo menos un proveedor de SA, sólo si el vendedor asegura la provisión del SA convenido. En Latinoamérica, Costa Rica, México y Ecuador han sido líderes en el desarrollo de políticas y normas para PSA con base en experiencias exitosas alrededor de propuestas como reducción de la deforestación, aumento de la cobertura boscosa y generación de alternativas de negocio para sus campesinos (Documento CONPES, 2017).

En Colombia se ha estado trabajando en el tema PSA desde hace 10 años aproximadamente, existen varios trabajos enfocados en generar tendencia sobre procesos de conservación, concienciación y educación con base en procesos investigativos relacionados con el tema de protección del recurso hídrico principalmente, sin embargo recientemente se aprobó la Política Nacional de Pago por Servicios Ambientales – PSA como parte de la estrategia de conservación y sostenibilidad ambiental denominada Negocios Verdes. Los PSA se reglamentaron con el Decreto Ley 870 de 2017 cuyo objeto es establecer las directrices para el desarrollo de los PSA y otros incentivos a la conservación para mantenimiento y generación de SA en áreas y ecosistemas estratégicos mediante acciones como: a) Calidad y regulación hídrica, b) Culturales y espirituales, c) Reducción y captura de gases de efecto invernadero y d) Conservación de la Biodiversidad, preservación y restauración. Al mismo tiempo se desarrolló y consiguió presupuesto con el CONPES 3886 Programa Nacional de PSA para la construcción de la Paz. Este CONPES tiene tres fases que pretenden recuperar un millón de hectáreas entre el año 2017 y el 2030 con base en los siguientes principios rectores: a) Focalización geográfica, b) Armonización con el OT, c) Complementariedad con instrumentos, d) Costo eficiencia y e) Equidad social y construcción de paz (Mira Ponton, 2017). Lo que permite proponer una estrategia legal con financiación local, departamental y nacional en búsqueda de conseguir proteger los recursos naturales de las zonas de conservación del cerro Fusacatán sin generar conflicto con sus moradores tradicionales, pero formando conciencia en ellos como agentes sociales propietarios y responsables de asegurar los servicios ambientales de este importante ecosistema.

# Inocuidad en la producción pecuaria y su importancia en el Plan de Ordenamiento Territorial

Nelson Enrique Arenas Suárez<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Programa de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá, Cundinamarca

## Resumen

El ordenamiento territorial considera aspectos de tipo geográfico, socioeconómico y ambiental para promover el desarrollo sostenible. En este sentido, las diferencias socioeconómicas y demográficas entre la población podrían ser determinantes de estilos de vida en grupos sociales y al mismo tiempo representar mayores riesgos para ciertos grupos vulnerables a contraer diversas enfermedades. Incluso, las desigualdades se reflejan en el acceso a los servicios de salud, vinculación laboral, acceso a servicios públicos, educación y demás condiciones de bienestar social.

Dicha situación se nota acentuada en las comunidades rurales, especialmente, para los pequeños y medianos productores pecuarios. Aspectos como la falta de capacitación y el desempeño de sus actividades económicas empíricamente a través del tiempo afectan sus actividades productivas y los ingresos respectivamente. Con las necesidades de globalización de mercados, los tratados de libre comercio y la falta de programas para los pequeños y medianos productores se han promovido las buenas prácticas ganaderas (BPG) como plan para lograr estándares óptimos de inocuidad alimentaria.

Los estudios en sistemas de producción pecuarios denotan contaminación microbiológica en la cadena de producción y comercialización del alimento que consumen los habitantes de las áreas urbanas. La implementación de BPG entorno a las prácticas de ordeno y el uso de medicamentos son los factores críticos a intervenir. Ya que nuestros estudios han revelado la emergencia de bacterias multirresistentes y patógenos zoonóticos en la leche.

El conocimiento acerca de las enfermedades con mayor incidencia en una comunidad podría contribuir en la planeación de prestación de los servicios médicos que podrían influir en la calidad y la eficacia de los servicios sanitarios preventivos y de la vigilancia de las enfermedades.

# Una aproximación al modelo de base de datos geográfica para la etapa de diagnóstico en los planes de ordenamiento territorial

Álvaro Andrés Parra<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Programa de Tecnología en Cartografía, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá, Cundinamarca

## Resumen

Desde la promulgación de la ley 388 de 1997 hasta la fecha, han pasado un poco más de dos décadas, en su momento la cartografía era relevante, pero en la actualidad, los avances tecnológicos han permitido mejorar y optimizar la administración y la generación de cartografía, obteniendo sobresalientes insumos para el ordenamiento territorial.

La investigación “Una Aproximación al Modelo de Base de Datos Geográfica Para la Etapa de Diagnóstico en los Planes de Ordenamiento Territorial”, pretende obtener como su nombre lo indica, una base de datos geográfica, donde las entidades territoriales puedan almacenar y administrar los vectores de los diferentes componentes de los planes de ordenamiento territorial, en su fase de diagnóstico; establecidas dentro de la ley y como resultado de la experiencia de algunos expertos.

El proceso se desarrolla sobre un software QGIS bajo una licencia GNU-GPL, con el fin de reducir los costos por compra de licencias para las entidades territoriales, posibilitando también un mayor uso y divulgación, específicamente para las administraciones con presupuestos bajos.

# Territorios conflictivos y desarrollo regional reducido: el caso la política de ordenamiento territorial de Fusagasugá como articulador del desarrollo a escala humana provincial

Jorge Andrés Baquero Monroy<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Docente Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá, Maestría en historia, maestría en administración pública

## Resumen

Este es un texto construido en virtud de ofrecer elementos de análisis histórico sobre la historia reciente de la provincia del Sumapaz y el reducido nivel de desarrollo a escala humana de su población, cuestión generada por diferentes factores no despreciables, pero uno en particular, el conflicto social armado desarrollado en la década de los años noventa e inicios del siglo XXI. La forma como está desarrollado este artículo académico es; uno, exhibir un seriado histórico sobre la influencia del conflicto armado en el desarrollo regional de la provincia del Sumapaz, dos, analizar la desarticulación con el desarrollo regional que ofrecen los planes de ordenamiento territorial en Fusagasugá desde su creación, y tres, proponer una reflexión sobre la posible articulación de una política de ordenamiento territorial para el desarrollo a escala humana Fusagasugá y la provincia del Sumapaz. Como es evidente la hipótesis que persigue el texto es que el reducido nivel de desarrollo rural y a escala humana de la provincia del Sumapaz es derivado del conflicto armado por un lado y por las carencias de políticas de ordenamiento territorial con impacto regional, hipótesis que cobra relevancia en el marco de la generación de un actualizado plan de ordenamiento territorial para Fusagasugá en los años venideros.



UDEC  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA



CO-SC-CER355037



SC-CER355037



Universidad de  
Cundinamarca



ucundinamarcaoficial



@UCundinamarca



UCUNDINAMARCA  
TV

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co)  
Vigilada Mineducación